

Fig. 1. — L'archipel des Petites Antilles et les 2 arcs volcaniques (d'après MARTIN-KAYE, 1969 et JÉRÉMIE & RAYNAL-ROQUES, 1982).

L'archipel des Petites Antilles, long d'environ 850 km, est constitué d'un chapelet d'îles de dimensions restreintes, s'échelonnant en arc de cercle entre les Iles Vierges (à l'est des Grandes Antilles) au nord et le Venezuela au sud. Il est composé de plusieurs centaines d'îles ou d'îlots, dont une trentaine sont habités. Ils représentent au total une superficie d'env. 6500 km<sup>2</sup>.

Géologiquement, cet archipel est constitué de 2 arcs volcaniques d'âges différents (MARTIN-KAYE, 1969) qui se superposent au sud, au niveau de l'île de St. Vincent, et sont nettement séparés au nord à partir de la Martinique (Fig. 1). *Les îles de l'arc externe* sont composées de roches volcaniques anciennes (Eocène à Miocène) presque partout recouvertes d'une couche de calcaire corallien; leur altitude est de 200 à 400 m; les principales sont : Martinique (moitié sud-est), Marie-Galante, Grande-Terre, Désirade, Antigua, Barbuda, St. Barthélémy, St. Martin et Anguilla. *Les îles de l'arc interne* correspondent à la partie récente de l'archipel où le socle ancien est recouvert d'autres roches volcaniques d'âge Oligo-Pliocène à actuel. Ces îles ont des reliefs accidentés et sont plus élevées (jusqu'à 1467 m à la Soufrière de Basse-Terre). Elles possèdent un important système hydrologique (365 rivières à la Dominique) et sont le siège d'une intense activité volcanique : éruptions, fumerolles, séismes, sources chaudes. Les principales sont : Grenada, St. Vincent, St. Lucia, Martinique (moitié nord-ouest), Dominica, Les Saintes, Basse-Terre, Montserrat, Nevis, St. Kitts, St. Eustatius et Saba.

Climatiquement les Petites Antilles se rattachent au monde tropical et sont donc sous l'influence d'un climat chaud et humide. Les alizés soufflent en permanence de l'est nord-est vers l'ouest sud-ouest et chaque île possède une côte au vent et une côte sous le vent. La pluviométrie varie énormément d'une île à l'autre, mais aussi d'une localité à une autre (de 1 à 10 m) en relation surtout avec l'altitude. D'une manière générale, il existe dans ces îles deux saisons principales qui correspondent à la répartition temporelle des précipitations : une saison sèche (de janvier à avril); une saison humide (de juillet à novembre). La température oscille entre 18 et 35° C, avec un maximum en juin-juillet et un minimum en janvier-février; elle est en moyenne de 25° C.

## LES DIFFÉRENTS TYPES DE MILIEUX AQUATIQUES STAGNANTS AUX PETITES ANTILLES

Des milieux aquatiques stagnants se rencontrent sur la plupart des îles des Petites Antilles et rares sont celles qui en sont totalement dépourvues (e.g. Barbuda). Il en existe de divers types, variablement représentés d'une île à l'autre.

### Forêts marécageuses

Une forêt marécageuse existe sur plusieurs îles de l'archipel, en arrière de la mangrove maritime, en zones inondées non salées; certaines îles, trop sèches, en sont dépourvues (e.g. Barbuda, Désirade). Cette formation appelée parfois mangrove d'eau douce (LASSERRE, 1961)

ou mangrove lacustre peut se rencontrer assez loin de la mer, le long des rivières importantes, sous forme de galeries forestières. La forêt marécageuse renferme une flore plus riche que celle de la mangrove maritime; inondée en permanence, elle est généralement occupée par des *Pterocarpus officinalis*, bel arbre reconnaissable à ses puissants contreforts portant des lianes et des épiphytes, souvent associés à d'autres espèces des milieux humides et en particulier *Montrichardia arborescens*.

### Marécages littoraux

Ces formations, situées en arrière de la mangrove, sont soit inondées en permanence, soit à sec pendant une partie de l'année. Selon la durée et l'importance de l'inondation il s'agit de prairies, souvent pâturées, ou de marais plus ou moins saumâtres dont les espèces dominantes sont, dans la plupart des cas, des grandes *Cyperaceae* (*Cladium jamaicense*, *Rhynchospora corymbosa*, *Cyperus alopecuroides*, *Fuirena umbellata*, *Eleocharis spp.*), des *Acrostichum* (2 sp.) et une autre fougère (*Thelypteris interrupta*). Certains marécages sont alimentés en eau par des sources froides qui correspondent à un affleurement de la nappe phréatique et maintiennent une inondation permanente quelles que soient les conditions pluviométriques.

Il existe aussi, en particulier en Guadeloupe, Dominica et Martinique, aux estuaires de rivières relativement importantes, des anses calmes où l'eau peut être considérée comme stagnante, et qui renferment un petit nombre d'espèces aquatiques typiques de ces milieux (*Eichhornia crassipes*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Ludwigia octovalvis*...).

Les étangs côtiers salés, appelés localement « salines » en français ou « salt ponds » en anglais, renferment un petit nombre d'espèces adaptées aux milieux salés (*Ruppia maritima*, *Sesuvium portulacastrum*, *Salicornia bigelovii*...), et appartiennent, comme la mangrove maritime, plus au domaine marin que continental.

### Mares

Lorsqu'on survole certaines îles calcaires de l'arc géologique externe, on est étonné, surtout si c'est durant la saison des pluies, de la densité des points d'eau qui ponctuent le paysage. Ce sont des mares qui sont, soit de formation naturelle (mares de dolines), soit d'origine artificielle.

*Les mares de dolines.* — Les plateaux calcaires de certaines îles sont l'objet d'une érosion particulière de type karstique qui aboutit à la formation de dépressions fermées, de formes, profondeurs et dimensions très variées, dont le fond, rendu imperméable par l'accumulation d'argile de décalcification, est occupé par une mare. Le mode de formation de ce modelé karstique a été bien expliqué par LASSERRE (1961) et résumé par JÉRÉMIE & RAYNAL-ROQUES (1982). Les mares de fonds de dolines sont particulièrement abondantes et caractéristiques au Sud-Est de Grande-Terre, au centre de Antigua et de Marie-Galante. Elles se situent dans des régions qui reçoivent plus de 1300 mm de pluie par an (LASSERRE, 1961), et sont souvent permanentes; cependant, certaines s'assèchent régulièrement par évaporation au cours de saisons sèches particulièrement arides.

*Les mares artificielles.* — Beaucoup de mares des Petites Antilles sont d'origine artificielle. Elles ont été creusées par l'homme, le plus souvent à des emplacements où l'eau avait tendance à s'accumuler, afin de constituer une réserve d'eau destinée essentiellement au bétail, mais servant aussi pour divers besoins domestiques (agriculture, lessive, nettoyage, vaisselle, etc.). Pendant longtemps, elles ont été entretenues, curées et recreusées, et ces pratiques se poursuivent dans les régions et les îles dépourvues d'eau courante. Mais, dans la plupart des cas, elles sont aujourd'hui délaissées et colonisées par diverses espèces végétales aquatiques ou subaquatiques.

Quel que soit leur mode de formation, les mares des Petites Antilles sont l'objet de conditions physiques à peu près semblables, et en particulier :

— Le niveau de l'eau varie de manière visible entre la saison pluvieuse et la saison sèche, mais aussi d'une année à l'autre selon l'importance des précipitations. De nombreuses mares sont sèches une partie de l'année, ce qui est un facteur limitant pour beaucoup de végétaux. La profondeur maximum observée est d'env. 2,5 m.

— La température de l'eau varie selon la saison et l'heure entre 20 et 40° (POINTIER et al., 1977, ont enregistré des températures atteignant 41°, entre 11 h et 14 h, à la surface de l'eau de milieux stagnants).

Souvent, il s'est avéré impossible de savoir si une mare est d'origine naturelle ou artificielle. En conséquence, l'étude de la végétation de ces milieux a été effectuée ici sans tenir compte de leur mode de formation. La plupart des espèces aquatiques citées ci-dessous ont été trouvées dans des mares, mais la composition floristique est variable d'un milieu à l'autre.

### **Etangs**

Ils sont généralement localisés dans des îles volcaniques (Basse-Terre, Dominica), à moyenne altitude, en forêt mésophile ou hygrophile. Alimentés par un ou plusieurs ruisseaux, ils sont pour la plupart toujours en eau. Leur profondeur peut atteindre plusieurs mètres (15 m au Grand Etang de Basse-Terre), mais le niveau varie énormément au cours de l'année puisqu'il dépend de la pluviométrie. Ils peuvent être de grande taille (le plus important, le Grand Etang de Basse-Terre, mesure environ 30.000 m<sup>2</sup>). On y trouve plusieurs espèces rencontrées aussi dans les mares et marécages.

### **Marécages d'altitude**

Dans les îles volcaniques où l'altitude est supérieure à 700 m, surtout autour des plus hauts sommets, mais aussi dans les bas-fonds en forêt dense, on trouve dans des cuvettes inondées pratiquement toute l'année, des marécages, généralement de petites dimensions, dont la flore est pauvre en espèces (*Eleocharis flavescens*, *E. maculosa*, *Juncus guadeloupensis*).

L'étude que nous avons entreprise sur les plantes vasculaires de ces différents milieux des Petites Antilles a débuté en 1977 et se poursuit encore en ce qui concerne l'évolution des mares de dolines. Une vingtaine de missions ont été effectuées dans la plupart des îles ; les plus riches

en milieux aquatiques (Guadeloupe, Antigua, Marie-Galante, Martinique, St. Lucia) ont été plus particulièrement prospectées. Au total, 493 milieux aquatiques ont été visités ; des relevés de végétation ainsi que certaines mesures physico-chimiques de l'eau ont été effectués pour 296 d'entre eux. Plusieurs milieux ont été visités à diverses reprises (jusqu'à 16 fois) et à différentes époques de l'année dans le cadre d'une étude de la dynamique de la végétation des mares de dolines, conduite parallèlement aux recherches exposées ici, et qui a déjà fait l'objet d'une publication préliminaire (JÉRÉMIE & RAYNAL-ROQUES, 1982).

## MÉTHODE D'ÉTUDE

La végétation macrophytique des 5 types de milieux aquatiques stagnants retenus n'a pu être étudiée en faisant appel à la méthode la plus classique de définition des groupements végétaux, la méthode sigmatique, élaborée par BRAUN-BLANQUET (1932). Cette méthode a été mise en œuvre au début de notre étude, mais elle s'est avérée inutilisable pour les raisons suivantes :

— Un nombre important de milieux ne présentaient pas une homogénéité floristique suffisante, condition essentielle à l'établissement de relevés phytosociologiques. Dans la majorité des cas les espèces rencontrées ne sont pas les mêmes d'une zone à l'autre du plan d'eau et la physionomie est souvent celle d'une mosaïque d'espèces dont les éléments s'interpénètrent, se superposent et se modifient en permanence.

— La composition floristique de ces milieux varie souvent, non seulement d'une saison à l'autre, mais aussi d'une année à l'autre ; certaines espèces trouvées en abondance lors d'un relevé disparaissent parfois durant plusieurs années avant de réparaître (*Lemnaceae* par exemple).

— La dominance ou même la présence de certaines espèces est souvent difficile à apprécier, surtout lorsqu'il s'agit d'hydrophytes submergées (*Characeae*, *Najas*, *Hydrilla...*).

En conséquence, l'application de cette méthode dans certains milieux aquatiques aboutit souvent à la description d'un nombre de plus en plus important d'associations végétales (voire à des associations monospécifiques), surtout si on analyse un nombre élevé de stations. De plus, dans certains cas, la composition floristique ne peut être connue que très approximativement.

Pour suivre l'évolution de la végétation, nous avons effectué, pour chaque milieu, un ou plusieurs transects allant d'un point à un autre : dans le cas des mares ou des marécages de petite taille, en passant par le centre ; dans le cas de milieux de grandes dimensions, les transects ont été effectués d'un point de la rive en direction du centre. Toutes les espèces végétales macrophytiques observées ont été notées, de même que la distance au point de départ, la profondeur de l'eau et l'abondance de l'espèce. Il a ainsi été possible de représenter, à différents instants de l'évolution du milieu, la répartition et l'abondance des macrophytes le long de chaque transect, comme l'ont fait FELZINES (1977) et HAMEL & BHÉREUR (1982) en régions tempérées. Ce travail a été réalisé pour les 296 milieux dont la végétation a été relevée. La composition floristique de chaque station s'est révélée très variable selon l'emplacement du relevé, la saison et le stade d'évolution ; pour cette raison, plusieurs transects ont souvent été effectués pour un même milieu, parfois pendant plusieurs années et à des saisons différentes. Au total, ce sont près de 2000 transects qui ont été réalisés.

Dans le cadre de cet article, nous avons d'abord effectué le recensement des macrophytes aquatiques et amphibies, puis établi une relation entre la minéralisation des eaux et la distribution de ces espèces.

## LES MACROPHYTES AQUATIQUES ET AMPHIBIES DES PETITES ANTILLES

Pour chaque taxon, classé par ordre alphabétique et précédé par le numéro (entre parenthèses) qui lui a été attribué et qui permet de le localiser dans les figures, nous donnons la répartition par îles, la forme biologique, les types de milieux où il se trouve, le degré d'abondance ou de rareté. Certaines espèces, ayant la même écologie et trop difficiles à reconnaître sur le terrain, portent le même numéro d'ordre et ont été traitées comme s'il s'agissait d'un seul taxon ; les espèces non numérotées ne figuraient pas dans les milieux ayant fait l'objet d'une mesure de la conductivité.

**Abréviations.** — Ang = Anguilla ; St Mart = St. Martin ; St Barth = St. Barthélémy ; St Eust = St. Eustache ; St Kit = St. Kitts ; Nev = Nevis ; Antig = Antigua ; Mont = Montserrat ; Guad = Guadeloupe (Basse-Terre + Grande-Terre) ; Dés = Désirade ; M-G = Marie-Galante ; Stes = Les Saintes ; Dom = Dominica ; Mart = Martinique ; St Luc = St. Lucia ; St Vin = St. Vincent ; Barbad = Barbados ; Gren = Grenada. — TC = très commun ; C = commun ; AR = assez rare ; R = rare ; TR = très rare.

Un point d'exclamation indique que l'espèce existe dans l'île avec certitude.

Un astérisque indique les espèces ubiquistes (rencontrées dans divers biotopes).

Nos récoltes de *Characeae* ont été étudiées et citées par GUERLESQUIN (1983) ; celles de *Lemnaceae* par LANDOLT (1986).

(1) **Acrostichum aureum** L. (Pterid.) : Guad!, Mart!, St Luc, Gren, Barbad. — Grands hélrophytes, en touffes ; marécages ; C. (Voir aussi *A. danaeifolium*).

(1) **Acrostichum danaeifolium** Langsd. & Fischer (Pterid.) : Nev, Antig, Mont, Guad!, Dés, M-G, Dom, Mart, St Luc, Gren. — Grands hélrophytes, en touffes ; marécages ; TC. (Voir aussi *A. aureum*).

(2) **Aeschynomene americana** L. (Legum.)\* : St Bart!, Antig!, Guad!, M-G!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Gren!, Barbad! — Arbrisseau ; bords de mares et marécages ; C. (Voir aussi *A. sensitiva*).

(2) **Aeschynomene sensitiva** Sw. (Legum.)\* : Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Gren!, Barbad! — Arbrisseau ; bords de mares et marécages ; TC. (Voir aussi *A. americana*).

(3) **Alternanthera sessilis** (L.) R. Br. ex DC. (Amaranth.)\* : St Kit!, Nev!, Antig!, Mont!, Guad!, M-G!, Stes!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad!, Gren! — Herbe prostrée ; bords de mares et marécages ; TC.

(4) **Ammannia baccifera** L. (Lythr.) : Guad!, St Luc! — Herbe dressée, hélrophyte ; mares, marécages ; C.

(5) **Ammannia latifolia** L. (Lythr.) : St Mart!, Nev!, Antig!, Guad!, M-G!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad!, Gren! — Herbe, hélrophyte ; mares, marécages ; C.

(6) **Aniseia martinicensis** (Jacq.) Choisy (Convolv.) : Guad!, M-G!, Mart! — Liane ; marécages ; R.

(7) **Bacopa monnieri** (L.) Pennell (Scroph.) : Antig!, Guad!, M-G!, Mart!, St Luc!, Gren!, Barbad! — Herbe rampante; mares, marécages; C.

(8) **Bacopa sessiliflora** (Benth.) Pulle (Scroph.) : Guad! — Herbe rampante; marécages; TR.

(9) **Caperonia palustris** (L.) A. St. Hil. (Euph.) : Guad!, M-G!, Mart!, St Luc! — Herbe dressée; bords de mares et marécages; R.

(10) **Cassia alata** L. (Legum.)\* : St Eust!, St Kit!, Nev!, Mont!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Gren! — Arbuste; marécages; C.

(11) **Cassia occidentalis** L. (Legum.)\* : Ang!, St Mart, Saba!, St Kit, Mont!, Guad!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin, Barbad, Gren! — Herbe dressée; bords de mares et marécages; TC.

(12) **Centella asiatica** (L.) Urb. (Umbel.)\* : Guad!, Dom!, Mart! — Herbe rampante; bords de mares et marécages; C.

(13) **Chara fibrosa** Ag. ex Bruz. (Charac.) : Guad! — Hydrophyte submergé enraciné; mares; TR.

(14) **Chara zeylanica** Klein ex Willd. var. **diaphana** (Meyen) R.D.W. fa. **oerstediana** (A. Br.) R.D.W. (Charac.) : Guad!, M-G! — Hydrophyte submergé enraciné; mares, marécages; C.

(15) **Chara zeylanica** var. **zeylanica** fa. **berteroi** (A. Br. ex Kütz.) H. & J. Gr. (Charac.) : Antig!, Guad!, M-G! — Hydrophyte submergé enraciné; mares, marécages; C.

**Chara zeylanica** var. **zeylanica** fa. **zeylanica** : Ang!, St Mart!, Antig!, Mart! — Hydrophyte submergé enraciné; mares, marécages; AR.

(16) **Cladium jamaicense** Crantz (Cyp.) : Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, Gren! — Grande herbe en touffe, hélrophyte; marécages; C.

**Colocasia esculenta** (L.) Schott (Arac.) : Ang!, St Mart!, St Kit!, Nev!, Antig!, Mont!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad!, Gren! — Herbe tubéreuse; marécages; TC (cultivé).

(17) **Commelina diffusa** Burm. (Commel.)\* : Dans la plupart des îles. — Herbe rampante; mares, marécages et tous milieux humides; TC.

(18) **Cyclosorus tottus** (Thunb.) Pichi-Serm. Voir **Thelypteris interrupta**.

(19) **Cyperus alopecuroides** Rottb. (Cyp.) : St Mart, Nev!, Ant!, Mont!, Guad!, M-G!, Mart, St Luc!, Gren! — Grande herbe, hélrophyte; mares, marécages; C.

- (20) *Cyperus elegans* L. (Cyp.) : St Mart!, St Kit, Nev!, Antig!, Guad!, Dés, M-G!, Dom, Mart!, St Luc!, St Vin!, Grenadines. — Herbe dressée, hélophyte; mares, marécages; C.
- (21) *Cyperus luzulae* (L.) Retz. (Cyp.) : Antig, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Gren! — Herbe dressée; bords de mares et marécages; AR.
- (22) *Cyperus ochraceus* Vahl (Cyp.) : Antig!, Guad!, M-G!, Mart! — Herbe dressée, hélophyte; mares; AR.
- (23) *Dichanthium caricosum* (L.) Stapf (Gram.)\* : Guad!, Mart!, St Luc. — Herbe ± couchée; mares, marécages; TC.
- (24) *Echinochloa guadeloupensis* (Hack.) Wiegand (Gram.) : St Mart!, Guad!, Mart!, St Luc? — Herbe dressée, hélophyte; mares, marécages, deltas de rivière; R.
- (25) *Echinodorus berteroi* (Spreng.) Fassett (Alismat.) : Antig!, Guad!, M-G!, Mart, Barbad! — Herbe dressée, hélophyte; mares, marécages; R.
- (26) *Eclipta prostrata* (L.) L. (Comp.)\* : St Mart!, St Kit!, Antig!, Mont!, Guad!, Dés!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad!, Grenadines!, Gren! — Herbe dressée; bords de mares et marécages; TC.
- (27) *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Ponted.) : St Mart!, Nev!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad! — Hydrophyte flottant; mares, marécages, étangs, deltas de rivières; C.
- (28) *Eleocharis flavescens* (Poir.) Urban (Cyp.) : Barbuda!, Ant!, Mont!, Guad!, Dom!, Mart!, St Luc. — Herbe dressée, hélophyte; marécages d'altitude; C.
- (29) *Eleocharis geniculata* (L.) Roem. & Schult. (Cyp.) : Ang!, St Mart!, St Bart!, St Kit!, Nev!, Antig!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad. — Herbe dressée, hélophyte; mares, marécages; C.
- (30) *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult. (Cyp.) : Nev!, Ant!, Guad!, M-G!, Dés!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad!, Gren! — Grande herbe dressée, hélophyte; mares, marécages, étangs; C.
- Eleocharis maculata* (Vahl) Roem. & Schult. (Cyp.) : Ant!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart! — Herbe dressée, hélophyte; marécages d'altitude; C.
- (31) *Eleocharis minima* Kunth (Cyp.) : Guad!, Dom! — Petite herbe dressée, hélophyte; marécages; TR.
- (32) *Eleocharis mutata* (L.) Roem. & Schult. (Cyp.) : Ang!, St Mart!, Nev!, Antig!, Guad!, M-G!, Dés!, Dom!, Mart!, St Luc!, Gren. — Grande herbe dressée, hélophyte; mares, marécages; C.



- (33) **Fimbristylis dichotoma** (L.) Vahl (Cyp.) : Antig!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Gren! — Herbe cespiteuse; bords de mares et marécages; TC.
- (34) **Fuirena umbellata** Rottb. (Cyp.) : Antig!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Gren! — Grande herbe dressée, hélrophyte; marécages; TC.
- (35) **Heteranthera reniformis** Ruiz & Pav. (Ponted.) : Antig, Guad!, M-G! — Hydrophyte flottant librement; mares; TR.
- Hydrilla verticillata** (L. f.) Royle (Hydroch.) : Dom!, M-G! — Hydrophyte submergé enraciné; mares, deltas de rivières; TR.
- (36) **Hydrocotyle umbellata** L. (Umbel.) : Guad!, Dom. — Hydrophyte enraciné à tiges flottantes; mares, marécages, étangs; TR.
- (37) **Hydrocotyle verticillata** Presl (Umbel.) : Guad!, Dom, Mart, St Luc! — Hydrophyte enraciné à tiges flottantes; étangs; TR.
- (38) **Hymenachne amplexicaulis** (Rudge) Nees (Gram.) : Guad!, M-G!, Dom, Mart!, St Luc!, Barbado. — Herbe enracinée flottante à la base; mares, marécages, étangs; C.
- (39) **Ipomoea aquatica** Forsskal (Convolv.) : Guad!, M-G! — Liane flottante; mares; R.
- (40) **Ipomoea setifera** Poiret (Convolv.)\* : Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin! — Liane; marécages; TC.
- Juncus guadeloupensis** Bucheneau (Juncac.) : Endémique Guad!; herbe dressée; marécages d'altitude; R.
- (41) **Kyllinga brevifolia** Rottb. (Cyp.) : Antig, Guad!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Gren! — Herbe dressée; bords de mares et marécages; C.
- (42) **Lemna aequinoctialis** Welwitsch. (Lemnac.) : St Mart, St Barth!, Nev!, Antig!, Guad!, M-G!, Mart!, Barbado!, Gren! — Hydrophyte flottant librement; mares, marécages; TC. (Voir aussi *L. minuscula* et *L. valdiviana*).
- (42) **Lemna minuscula** Herter (Lemnac.) : Guad! — Hydrophyte flottant librement; mares; TR. (Voir aussi *L. aequinoctialis* et *L. valdiviana*).
- (42) **Lemna valdiviana** Philippi (Lemnac.) : Antig!, Guad!, Stes!, M-G!, Mart! — Hydrophyte flottant librement; mares, marécages; C. (Voir aussi *L. aequinoctialis* et *L. minuscula*).
- (43) **Limnobium spongia** (Bosc) Steudel subsp. **laevigata** (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Lowden (Hydroch.) : Antig!, Mont!, Guad!, M-G!, Mart!, St Luc! — Hydrophyte flottant librement; mares; R.

(44) *Lindernia rotundifolia* (L.) Alston (Scroph.) : Guad!, Dom!, Mart! — Herbe rampante; bords de tous milieux humides; C.

(61) *Lippia stoechadifolia* (L.) H.B.K. (Verb.) : Antig!, Guad! — Arbrisseau; bords de mares; C.

*Ludwigia erecta* (L.) H. Hara (Onagr.) : St Mart!, Antig!, Mont!, Guad!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad, Gren! — Herbe dressée, hélrophyte; mares, marécages; C.

(45) *Ludwigia hyssopifolia* (Don) Exell (Onagr.) : Guad!, Dom!, Mart!, St Luc!, Gren! — Herbe dressée, hélrophyte; mares, marécages; C.

(46) *Ludwigia leptocarpa* (Nutt.) H. Hara (Onagr.) : Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin, Barbad, Gren! — Herbe dressée, hélrophyte; mares, marécages, étangs; C.

(47) *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) Raven (Onagr.) : St Mart!, Nev!, Antig!, Mont!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad!, Grenad! — Herbe dressée, hélrophyte; mares, marécages, étangs; TC.

(48) *Malachra capitata* (L.) L. (Malvac.)\* : St Mart, St Bart!, St Kit, Antig!, Mont!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc, St Vin, Barbad, Gren! — Arbrisseau; bords mares et marécages; C.

(49) *Montrichardia arborescens* (L.) Schott (Arac.) : Guad!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Gren! — Plante arbustive, hélrophyte; forêts marécageuses; C.

*Myriophyllum aquaticum* (Vell. Conc.) Verdc. (Halorag.) : Dom! — Hydrophyte submergé enraciné; une seule récolte, mare (cultivé?).

(50) *Najas guadalupensis* (Spreng.) Magnus (Najad.) : Antig!, Guad!, M-G!, St Luc! — Hydrophyte submergé enraciné; mares; R.

(51) *Nasturtium officinale* R. Br. (Crucif.) : Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad. — Hydrophyte à tiges flottantes; marécages; cultivé, naturalisé.

*Nelumbo nucifera* Gaertner (Nelumb.) : Antig!, Barbuda, Barbad. — Hydrophyte enraciné à feuilles flottantes ou hors de l'eau; mares; introduit.

(52) *Neptunia plena* (L.) Bentham (Legum.) : St Mart!, Nev!, Antig!, Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad!, Gren! — Hélrophyte à tiges flottantes; mares, marécages; C.

(53) *Nitella acuminata* A. Br. ex Wallm. (Charac.) : Guad!, Stes!, M-G!, Mart! — Hydrophyte submergé enraciné; mares, marécages; C.

*Nitella clavata* Kütz. (Charac.) : M-G. — Hydrophyte submergé enraciné; mare; TR.

(54) *Nitella cernua* A. Br. (Charac.) : Antig!, Guad!, M-G!, Mart! — Hydrophyte submergé enraciné; mares, marécages; C.

(55) *Nitella furcata* (Roxb. ex Bruz.) Ag. (Charac.) : Antig!, Guad! — Hydrophyte submergé enraciné; mares; R.

*Nitella translucens* (Pers.) Ag. (Charac.) : Guad! — Hydrophyte submergé enraciné; mares; TR.

(56) *Nymphaea amazonum* Mart. & Zucc. (Nymph.) : Antig!, Guad!, M-G!, Mart!, St Luc! — Hydrophyte enraciné à feuilles flottantes; mares, marécages, étangs; C.

(57) *Nymphaea ampla* (Salisb.) DC. (Nymph.) : St Eust!, Nev!, Antig!, Mont!, Guad!, Stes!, M-G!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbad!, Gren! — Hydrophyte enraciné à feuilles flottantes; mares, marécages, étangs; C.

(58) *Nymphaea rudgeana* G. Meyer (Nymph.) : Guad!, Stes!, Mart! — Hydrophyte enraciné à feuilles flottantes; mares, marécages; TR.

(59) *Nymphoides indica* (L.) Kuntze (Menyanth.) : Guad! — Hydrophyte enraciné à feuilles flottantes; mares; TR.

*Paspalum distichum* L. (Gram.) : Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc, St Vin, Gren. — Herbe rampante stolonifère; mares, marécages; C.

(60) *Pentodon pentandrus* (Schum.) Vatke (Rub.) : Guad! — Herbe lianescente; marécages; C.

(61) *Phyla stoechadifolia* (L.) H. B. K. Voir *Lippia stoechadifolia*.

*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (Gram.) : Guad!, Mart!, St Luc. — Grande Herbe dressée; marécages d'arrière plage; R.

(62) *Pistia stratiotes* L. (Arac.) : Antig!, Mont!, Guad!, Stes!, Mart!, St Luc!, St Vin! — Hydrophyte flottant librement; mares, étangs; R.

(63) *Polygonum acuminatum* Kunth (Polygon.) : Guad!, M-G!, Mart! — Herbe dressée, hélophyte; mares, marécages, étangs; C. (Voir aussi *P. punctatum*).

(64) *Polygonum densiflorum* Meissner (Polygon.) : Antig!, Guad!, M-G!, St Luc! — Herbe dressée, hélophyte; mares, marécages, étangs; C.

(63) *Polygonum punctatum* Elliott (Polygon.) : Guad!, M-G!, Mart!, St Luc!, St Vin! — Herbe dressée, hélophyte; mares, marécages, étangs; C. (Voir aussi *P. acuminatum*).

(65) *Potamogeton nodosus* Poir. (Potamog.) : Guad!, Dom!, Mart! — Hydrophyte enraciné à feuilles submergées et flottantes; embouchures de rivières; TR.

(66) *Pterocarpus officinalis* Jacq. (Legum.) : Guad!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Gren! — Arbre à contreforts; forêts marécageuses; C.

*Rotala ramosior* (L.) Koehne (Lythrac.) : Guad!, M-G!, Mart! — Herbe érigée, hélrophyte; mares, marécages d'arrière plage; R.

*Ruppia maritima* L. (Ruppiac.) : Herbe marine trouvée autour de la plupart des îles; nous l'avons observée dans des milieux saumâtres à Nev!, Antig!, Guad!, Mart! — Hydrophyte submergé enraciné; marécages littoraux; R.

(67) *Rhynchospora corymbosa* (L.) Britton (Cyp.) : Guad!, Dom, Mart!, Gren. — Herbe dressée, hélrophyte; marécages littoraux; C.

*Sagittaria lancifolia* L. (Alismat.) : Guad!, Mart! — Héliophyte; étangs (non retrouvé depuis la récolte de PLÉE en 1820); TR.

*Sesbania emerus* (Aublet) Urban (Legum.) : Antig!, Mont!, Guad!, Mart! — Arbrisseau, hélrophyte; mares, marécages; TR.

(68) *Sesbania sericea* (Willd.) Link (Legum.) : St Mart!, Antig!, Guad!, M-G!, Mart!, St Luc! — Arbrisseau, hélrophyte; mares, marécages; C.

*Sesuvium portulacastrum* (L.) L. (Aizoac.)\* : Ang!, St Mart!, St Barth!, Barbuda!, Antig!, St Eust!, St Kit!, Mont!, Guad!, Stes!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, Barbada!, Grenadines!, Gren! — Herbe rampante; littoral sableux et bords de marécages; C.

(18) *Thelypteris interrupta* (Willd.) Iwats. (Pteridoph.) : St Kit, Mont, Guad!, M-G!, Mart! — Héliophyte; mares, marécages; C.

(69) *Utricularia gibba* L. (Lentibul.) : St Barth, Antig!, Guad!, M-G!, Dom, Mart!, Gren! — Hydrophyte submergé non enraciné; mares, marécages, étangs; R.

(70) *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc. (Comp.)\* : St Kit!, Nev!, Antig!, Mont!, Guad!, Dés!, M-G!, Dom!, Mart!, St Luc!, St Vin!, Barbada!, Gren! — Herbe rampante, radicante; bords de mares et marécages; TC.

(71) *Wolffia brasiliensis* Weddell (Lemnac.) : Mart! — Hydrophyte flottant librement; mares; TR.

(72) *Wolffiella lingulata* (Hegelm.) Hegelm. (Lemnac.) : Antig!, Guad!, M-G! — Hydrophyte submergé flottant librement; mares, marécages; R.

*Wolffiella welwitschii* (Hegelm.) Monod (Lemnac.) : Guad!, M-G! — Hydrophyte submergé flottant librement; mares; TR.

## ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

La plupart des milieux dans lesquels ont été effectués des relevés de la végétation ont été aussi l'objet, à chaque visite, d'analyses physico-chimiques réalisées sur place. Il s'agit de :

### 1. La température

Dans ces îles, où les amplitudes thermiques au cours de l'année ne sont pas très importantes, la température dépend surtout de l'insolation. Les mares et marécages sont généralement de faible profondeur et en conséquence se réchauffent vite au soleil. La température de l'eau varie ainsi selon l'heure de la journée, mais aussi pour un même milieu selon les végétaux qui y croissent. Dans une mare de Martinique la température était de 27,1°, dans une zone à *Pistia*, *Lemna* et *Utricularia*, alors qu'elle était de 31,5°, au même moment, dans une zone à *Chara* et *Nitella*. Elle est d'autant plus élevée que la végétation est dense : nous avons mesuré jusqu'à 4° de différence entre des mesures effectuées successivement en eau libre et dans une zone peuplée de *Characeae*. Les variations de la température sont donc importantes et il n'est pas possible d'établir des corrélations avec les espèces végétales.

### 2. La teneur en oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous varie selon l'heure de la journée et selon le milieu et l'emplacement dans le milieu ; plus précisément, elle varie de manière importante selon l'importance et la nature des végétaux qui s'y trouvent. En règle générale le taux d'oxygène dissous s'est avéré d'autant plus important que le milieu renferme des végétaux immergés, en particulier ceux qui forment des tapis épais dans l'eau (*Najas*, *Characeae*...). Par exemple, dans une mare de Guadeloupe, à l'est de Morne à l'Eau, la teneur en oxygène dissous était de 6,2 mg/l dans une zone à *Nymphaea*, alors qu'elle était de 16,3 mg/l dans une zone à *Chara zeylanica*, quelques minutes plus tard. On comprend la raison pour laquelle ce paramètre est rarement pris en considération.

### 3. Le pH

Les valeurs extrêmes du pH que nous avons mesurées sont 5,4 et 10,2 ; mais pour la plupart des milieux le pH est souvent proche de la neutralité (compris entre 6 et 8). Comme pour la teneur en oxygène dissous, le pH prend des valeurs très différentes dans un même milieu, selon l'heure de la journée, selon l'emplacement où est effectuée la mesure et surtout selon les végétaux s'y trouvant. Par exemple, les mesures effectuées à quelques secondes d'intervalle dans une mare de Marie-Galante étaient : pH 7,4 dans l'eau libre ; pH 9 dans une zone à *Chara zeylanica* et *Nitella cernua*. Les fluctuations observées sont trop importantes pour

permettre de dégager des corrélations entre pH et espèces végétales, comme l'ont signalé DUSSART (1966), BARBIER (1969) et FELZINES (1977). D'une manière générale, il convient d'être prudent pour l'interprétation des valeurs du pH obtenues en milieux aquatiques stagnants, et ne pas se satisfaire d'une seule mesure.

#### 4. *La conductivité*

C'est la capacité d'un liquide à conduire le courant électrique. Il s'agit d'un paramètre qui renseigne de manière satisfaisante sur la minéralisation de l'eau, laquelle est d'autant plus importante que la conductivité est élevée. Ce paramètre a été préconisé ou utilisé, en régions tempérées, par plusieurs auteurs (parmi lesquels LOHAMMAR, 1938, SYMOENS, 1957, LABRIQUE, 1960, GEHU, 1963, FELZINES, 1977), dans le but d'établir des relations entre la répartition des espèces végétales et la minéralisation de l'eau ; son intérêt pour une meilleure connaissance de l'écologie des espèces des milieux aquatiques stagnants n'est plus à démontrer.

Contrairement aux paramètres précédents, la conductivité varie peu d'un emplacement à un autre d'un même milieu. Elle demeure relativement stable au cours de l'année et les valeurs ne sont significativement différentes que si le milieu est profondément modifié : après d'abondantes pluies (dilution des sels) ou inversement lorsque l'évaporation de l'eau est excessive à la suite d'une période de sécheresse particulièrement sévère. Seules les mesures effectuées dans des milieux non perturbés sont par conséquent à prendre en considération.

Pour des étangs du centre de la France FELZINES (1977) a montré que la conductivité était surtout liée à la présence de cations ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ). Dans les milieux des Petites Antilles pour lesquels des analyses complètes de la vase ont été effectuées en laboratoire nous avons presque toujours trouvé une prédominance du calcium, loin devant le magnésium (résultats non publiés). En ce qui concerne les eaux, les analyses ont montré que la conductivité est généralement fonction de la teneur en chlorures, et par conséquent, comme nous le verrons plus loin, de la distance du milieu à la mer.

### **RELATION ENTRE LA MINÉRALISATION DES EAUX ET LA DISTRIBUTION DES MACROPHYTES**

Il s'agit, par la connaissance de la flore, de fournir une estimation de la minéralisation des eaux, renseignement souvent utile pour confirmer la nature de certains milieux. Chaque espèce fournit une estimation, d'autant plus précise que son amplitude écologique est faible. Cette amplitude peut être appréciée par la variance des valeurs de minéralisation mesurée au voisinage de plusieurs individus de cette espèce. Donc la méthode qui nous paraît la plus naturelle pour étudier ce problème est la méthode probabiliste.

Cependant, vu le grand nombre de paramètres impliqués et la nature totalement empirique des données, il n'est pas possible de fournir une formalisation satisfaisante. Dégager des lots d'espèces indicatrices de certaines gammes de valeurs du descripteur écologique, ici la minéralisation, sera donc le but limité que nous nous proposons.

## A. PROFILS ÉCOLOGIQUES GÉNÉRAUX

On appelle profil écologique « une suite de fréquences (relatives, absolues, pondérées ou corrigées) ordonnées selon les magnitudes du descripteur » (DAGET & GODRON, 1982 : 23).

Le descripteur est la minéralisation; sa mesure est celle de la conductivité de l'eau (en micro-Siemens/cm). Les éléments sur lesquels il porte sont les milieux (mares, marécages, étangs) d'une part, les plantes d'autre part. Les profils que nous nous proposons d'établir sont les profils des fréquences unitaires (fréquences relatives divisées par l'amplitude de classe du descripteur). On sait, en effet, que l'histogramme des fréquences unitaires d'une variable (appelé ici « profil écologique ») est l'estimation de la fonction de densité de probabilité de la variable (ici la conductivité). C'est donc cet histogramme qui est directement analysable en termes de probabilités.

### 1. PROFIL D'ENSEMBLE DES MILIEUX

Pour cette étude, nous avons retenu 66 milieux pour lesquels les données (relevés de la végétation et mesures de la conductivité) sont complètes. Pour chaque milieu la conductivité moyenne est calculée. Une division en 6 classes de conductivité nous a paru raisonnable puisqu'elle fournit environ 11 milieux par classe (Tableau 1). Un regroupement ultérieur peut être envisagé en fonction du résultat des analyses. On isolera de l'analyse 3 milieux très saumâtres (à salés) de bord de mer.

TABLEAU 1 : Profil d'ensemble des milieux. Effectifs ( $n_i$ ), fréquences ( $f_i = n_i/n$ ) et fréquences unitaires ( $f'_i = f_i/a_i$ ;  $a_i =$  amplitude de conductivité de la classe  $i$ ) dans chaque classe de conductivité (mesurée en  $\mu\text{S/cm}$ ). Pour chaque milieu, seule la conductivité moyenne est prise en compte pour que chacun ne puisse être affecté qu'à une seule classe.

	EFFECTIFS ( $n_i$ )	FRÉQUENCES ( $f_i$ ) %	FRÉQ. UNITAIRES ( $f'_i$ ) %
A : [0-200[	13	19,6	0,098
B : [200-260[	11	16,7	0,278
C : [260-300[	10	15,2	0,38
D : [300-500[	12	18,2	0,091
E : [500-2000[	11	16,7	0,007
F : [2000-10000[	6	9,1	$\epsilon$
[F : >10000]	3	4,5	

Une réserve doit être faite : selon le cas, la moyenne est calculée sur un nombre de mesures allant de 1 à 13; les différentes moyennes n'ont donc pas le même poids et nous devons rester prudents pour l'interprétation. Nous admettrons cependant que le profil des fréquences unitaires (Fig. 2, *haut*) fournit une image convenable de la répartition des

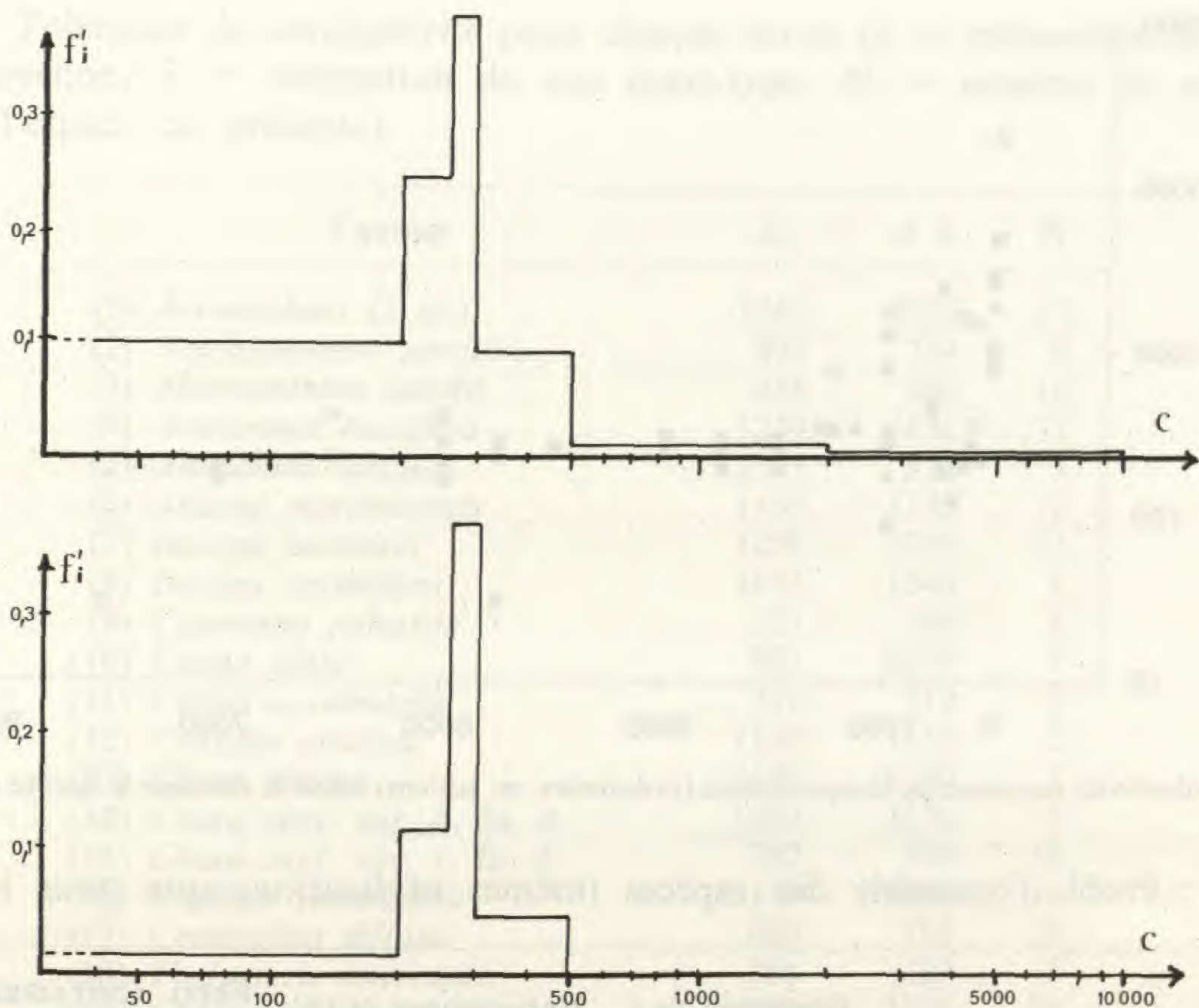


Fig. 2. — Profil d'ensemble des milieux (*en haut*, données du tableau 1) et des taxons (*en bas*, données du tableau 3).  $f'_i$  = fréquence unitaire pour chaque classe de conductivité;  $c$  = conductivité (échelle log).

conductivités des milieux. Il apparaît ainsi très clairement que la probabilité pour un milieu d'avoir une conductivité comprise entre 200 et 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  est très élevée et qu'il est presque certain que la conductivité est inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Une précision peut être apportée en représentant la conductivité moyenne en fonction de la distance à la côte la plus proche (Fig. 3). Apparemment, les milieux de conductivité moyenne inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sont répartis uniformément. Par contre, pour les milieux de conductivité plus élevée, la minéralisation est d'autant plus forte que la proximité de la mer est grande, ce qui paraît d'ailleurs logique. On peut fixer la distance limite à 2 km de la côte. Au-delà de cette valeur il est presque certain que la conductivité sera inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

## 2. PROFIL D'ENSEMBLE DES ESPÈCES

Pour chaque espèce la conductivité moyenne qu'elle supporte est calculée, ainsi que l'écart-type de la conductivité (Tableau 2). Ces paramètres sont calculés sur des effectifs variant de 1 à 36 selon la rareté de la plante (mêmes réserves que précédemment).

Globalement le résultat est le même que pour les milieux (Tableau 3 et Fig. 2, *bas*; la dernière classe  $C > 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$  n'étant pas représentée) : la densité de probabilité estimée est



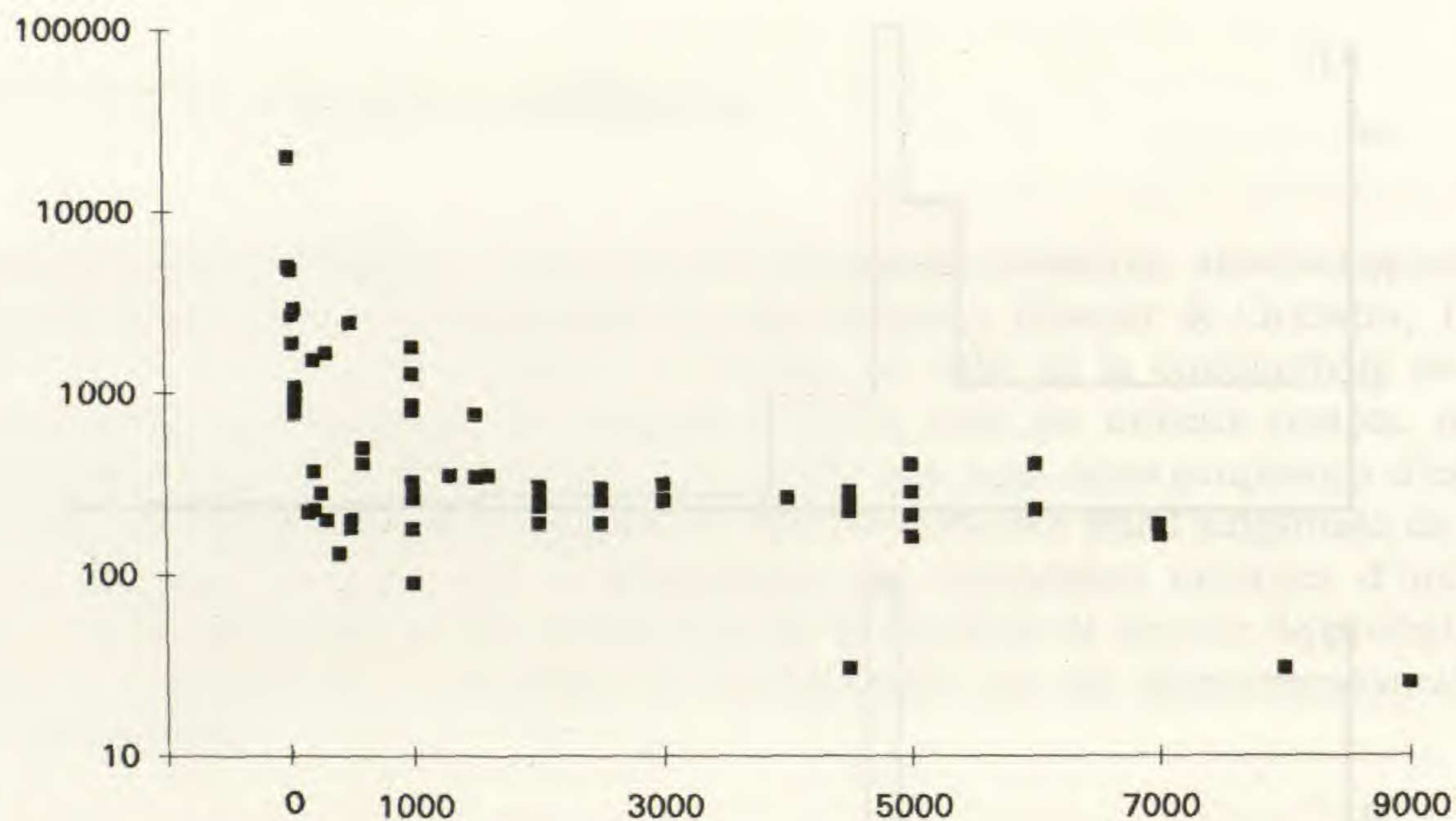


Fig. 3. — Conductivité moyenne de chaque milieu (ordonnées, en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) selon la distance à la côte (abscisses, en m).

TABLEAU 2 : Profil d'ensemble des espèces (mêmes explications que pour le tableau 1).

	EFFECTIFS ( $n_i$ )	FRÉQUENCES ( $f_i$ ) %	FRÉQ. UNITAIRES ( $f'_i$ ) %
A : [0-200[	2	2,8	0,014
B : [200-260[	5	6,9	0,116
C : [260-300[	11	15,3	0,382
D : [300-500[	6	8,3	0,042
E : > 500]	42	66,7	

très élevée entre 200 et 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La fréquence relative n'est cependant pas négligeable dans la gamme de 500 à 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ( $f_i$ , Tableau 2). Il y a donc une grande diversité spécifique dans les gammes de conductivité les plus fréquentes mais aussi une certaine richesse dans les milieux côtiers de conductivité comprise entre 500 et 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . On peut affiner ce résultat en examinant la tolérance et la rareté des espèces.

#### — Tolérance des espèces

Une estimation de la tolérance, ou amplitude écologique, est donnée, quand c'est possible, par quatre fois l'écart-type de la conductivité. Ceci représente approximativement l'amplitude de l'intervalle qui contiendrait 95 % des individus si la conductivité pour chaque espèce était distribuée normalement (Fig. 4). Trois nuages apparaissent nettement : des plantes exigeantes supportant une faible minéralisation (inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , partie agrandie du graphe); des plantes exigeantes supportant une minéralisation moyenne (entre 500 et 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); des plantes largement tolérantes ( $4 \hat{\sigma} > 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Deux espèces (n° 10 *Cassia alata* et n° 13 *Chara fibrosa*) sont isolées ( $4 \hat{\sigma} > 6000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) et sont apparemment indifférentes à la minéralisation.

TABLEAU 3 : Tolérance de conductivité pour chaque taxon ( $\hat{\mu}$  = estimation de la conductivité moyenne;  $\hat{\sigma}$  = estimation de son écart-type; N = nombre de milieux dans lesquels l'espèce est présente).

TAXONS	$\hat{\mu}$	4 $\hat{\sigma}$	N
(1) <i>Acrostichum</i> (2 sp.)	1261	3526	15
(2) <i>Aeschynomene sensitiva</i>	493	254	6
(3) <i>Alternanthera sessilis</i>	455	806	13
(4) <i>Ammannia baccifera</i>	1249	3856	13
(5) <i>Ammannia latifolia</i>	1533	836	3
(6) <i>Aniseia martinicensis</i>	1155	1136	12
(7) <i>Bacopa monnieri</i>	1258	1036	12
(8) <i>Bacopa sessiliflora</i>	1653	1340	1
(9) <i>Caperonia palustris</i>	251	246	6
(10) <i>Cassia alata</i>	901	6974	1
(11) <i>Cassia occidentalis</i>	279	312	2
(12) <i>Centella asiatica</i>	1110	1132	2
(13) <i>Chara fibrosa</i>	1180	8730	1
(14) <i>Chara zeyl.</i> var. <i>d.</i> fa. <i>o.</i>	1409	4176	9
(15) <i>Chara zeyl.</i> var. <i>z.</i> fa. <i>b.</i>	262	256	16
(16) <i>Cladium jamaicense</i>	1116	1005	5
(17) <i>Commelina diffusa</i>	660	718	25
(18) <i>Thelypteris interrupta</i>	268	222	8
(19) <i>Cyperus alopecuroides</i>	605	3136	24
(20) <i>Cyperus elegans</i>	1264	1537	2
(21) <i>Cyperus luzulae</i>	901	2205	1
(22) <i>Cyperus ochraceus</i>	1316	792	2
(23) <i>Dichanthium caricosum</i>	303	303	1
(24) <i>Echinochloa guadeloupensis</i>	1579	902	4
(25) <i>Echinodorus berteroi</i>	311	283	5
(26) <i>Eclipta prostrata</i>	669	766	15
(27) <i>Eichhornia crassipes</i>	772	653	13
(28) <i>Eleocharis flavescens</i>	1045	710	6
(29) <i>Eleocharis geniculata</i>	1272	1188	4
(30) <i>Eleocharis interstincta</i>	541	1470	26
(31) <i>Eleocharis minima</i>	1653	1340	1
(32) <i>Eleocharis mutata</i>	1342	4612	15
(33) <i>Fimbristylis dichotoma</i>	901	2205	1
(34) <i>Fuirena umbellata</i>	713	530	12
(35) <i>Heteranthera reniformis</i>	1517	835	1
(36) <i>Hydrocotyle umbellata</i>	605	198	7
(37) <i>Hydrocotyle verticillata</i>	264	164	1
(38) <i>Hymenachne amplexicaulis</i>	524	708	24
(39) <i>Ipomoea aquatica</i>	269	249	6
(40) <i>Ipomoea setifera</i>	1348	1713	3
(41) <i>Kyllinga brevifolia</i>	678	140	2
(42) <i>Lemna</i> (3 sp.)	617	3195	20
(43) <i>Limnobium spongia</i>	240	277	6
(44) <i>Lindernia rotundifolia</i>	210	139	3
(45) <i>Ludwigia hyssopifolia</i>	270	1715	5
(46) <i>Ludwigia leptocarpa</i>	426	815	12
(47) <i>Ludwigia octovalvis</i>	636	2642	36

TABLEAU 3 (suite) : Tolérance de conductivité pour chaque taxon ( $\hat{\mu}$  = estimation de la conductivité moyenne;  $\hat{\sigma}$  = estimation de son écart-type; N = nombre de milieux dans lesquels l'espèce est présente).

TAXONS	$\hat{\mu}$	4 $\hat{\sigma}$	N
(48) <i>Malachra capitata</i>	312	295	2
(49) <i>Montrichardia arborescens</i>	993	1312	4
(50) <i>Najas guadalupensis</i>	1211	4410	14
(51) <i>Nasturtium officinale</i>	1584	686	4
(52) <i>Neptunia plena</i>	684	3745	10
(53) <i>Nitella acuminata</i>	254	266	10
(54) <i>Nitella cernua</i>	283	264	12
(55) <i>Nitella furcata</i>	283	294	2
(56) <i>Nymphaea amazonum</i>	949	3351	22
(57) <i>Nymphaea ampla</i>	715	618	18
(58) <i>Nymphaea rudgeana</i>	1278	137	3
(59) <i>Nymphoides indica</i>	193	162	2
(60) <i>Pentodon pentandrus</i>	1007	3585	11
(61) <i>Lippia stoechadifolia</i>	1035	4890	13
(62) <i>Pistia stratiotes</i>	233	224	8
(63) <i>Polygonum</i> (2 sp.)	867	544	12
(64) <i>Polygonum densiflorum</i>	600	425	8
(65) <i>Potamogeton nodosus</i>	89	66	1
(66) <i>Pterocarpus officinalis</i>	1478	1225	4
(67) <i>Rhynchospora corymbosa</i>	549	852	8
(68) <i>Sesbania sericea</i>	285	299	6
(69) <i>Utricularia gibba</i>	283	260	15
(70) <i>Wedelia trilobata</i>	981	982	5
(71) <i>Wolffia brasiliensis</i>	262	185	5
(72) <i>Wolffiella lingulata</i>	270	285	7

#### — Rareté des espèces exigeantes

Considérons 2 lots d'espèces exigeantes : celles présentes dans au moins 8 mares (« fréquentes ») et celles présentes dans 7 mares au plus (« rares »). En ordonnant ces deux lots d'espèces selon la conductivité moyenne de leurs milieux (Fig. 5), curieusement leurs comportements sont différents : 63 % des espèces « fréquentes » (Fig. 5, haut), mais seulement 8 % des espèces « rares » (Fig. 5, bas) supportent une conductivité moyenne comprise entre 400 et 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ceci ne recoupe pas exactement la répartition de la conductivité selon les milieux : on s'attendrait à trouver un maximum d'espèces « fréquentes » pour des conductivités plus faibles (milieux plus abondants); ceci complète par contre le résultat concernant le profil des espèces : pour une conductivité inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , nombreux milieux, grande richesse spécifique mais en espèces relativement rares; pour une conductivité comprise entre 500 et 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (milieux côtiers), assez grande richesse, mais en espèces communes; pour une conductivité comprise entre 900 et 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (milieux côtiers), assez grande richesse, mais en espèces assez rares.

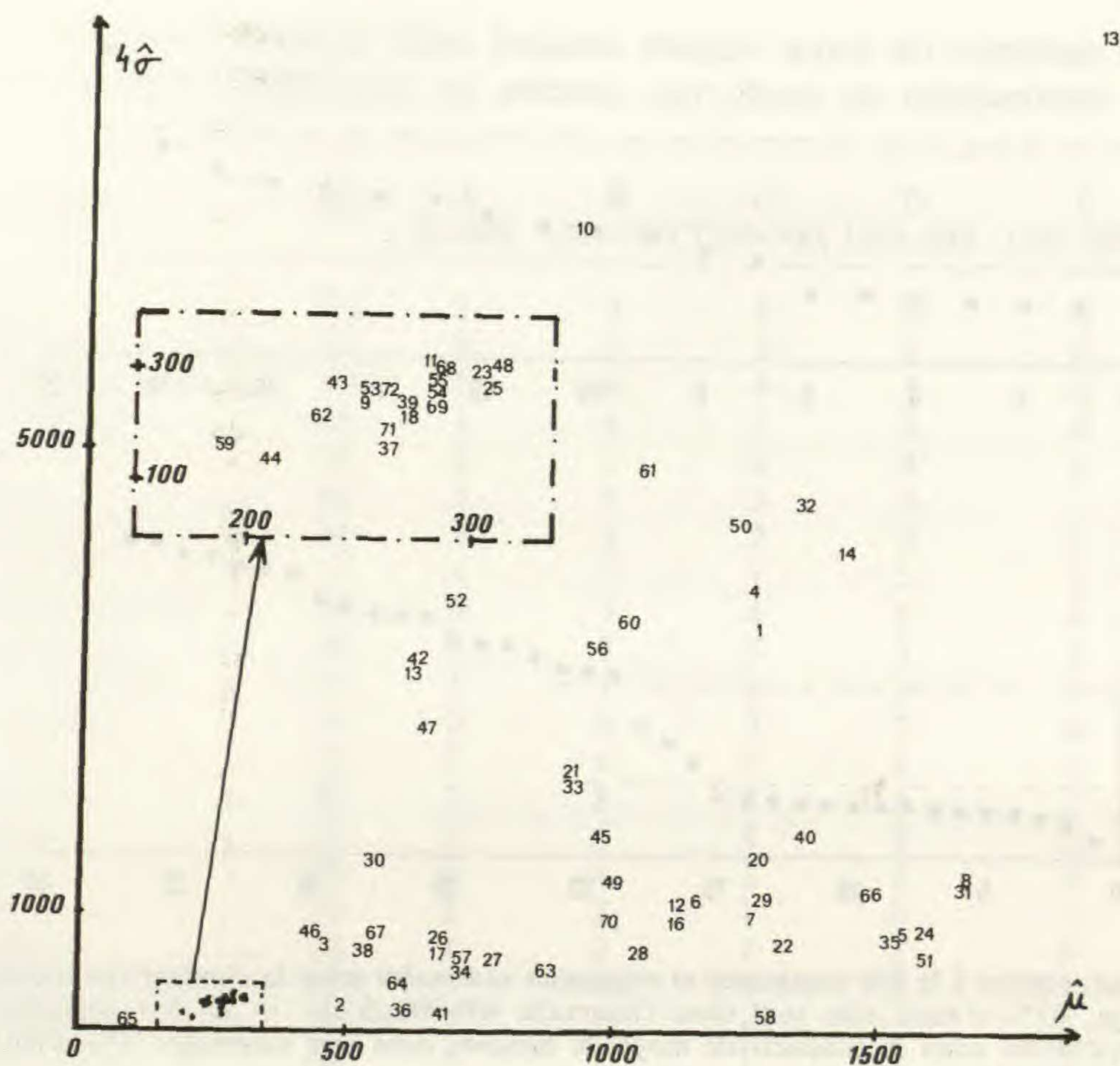


Fig. 4. — Amplitude estimée pour la conductivité supportée (ordonnées,  $4\hat{\sigma}$ ) selon la conductivité moyenne au voisinage de chaque espèce (abscisses  $\hat{\mu}$ ). Chaque taxon est repéré par son numéro d'ordre (Tableau 3).

## B. RECHERCHE D'ESPÈCES INDICATRICES

### 1. ESPÈCES COMMUNES

Les méthodes que nous avons choisies pour mettre en relation la minéralisation et la flore sont les suivantes :

- L'analyse factorielle des correspondances (AFC) sur le tableau des présences.
- L'analyse des profils corrigés.
- L'analyse de profils indicateurs calculés après la mise au point d'indices particuliers.

Comme précédemment, nous isolons de l'analyse les milieux salés dans lesquels ont été trouvés *Ruppia maritima* et *Sesuvium portulacastrum*, espèces qui sont donc automatiquement sélectionnées comme indicatrices d'une très forte minéralisation (conductivité de l'ordre de  $10000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ).

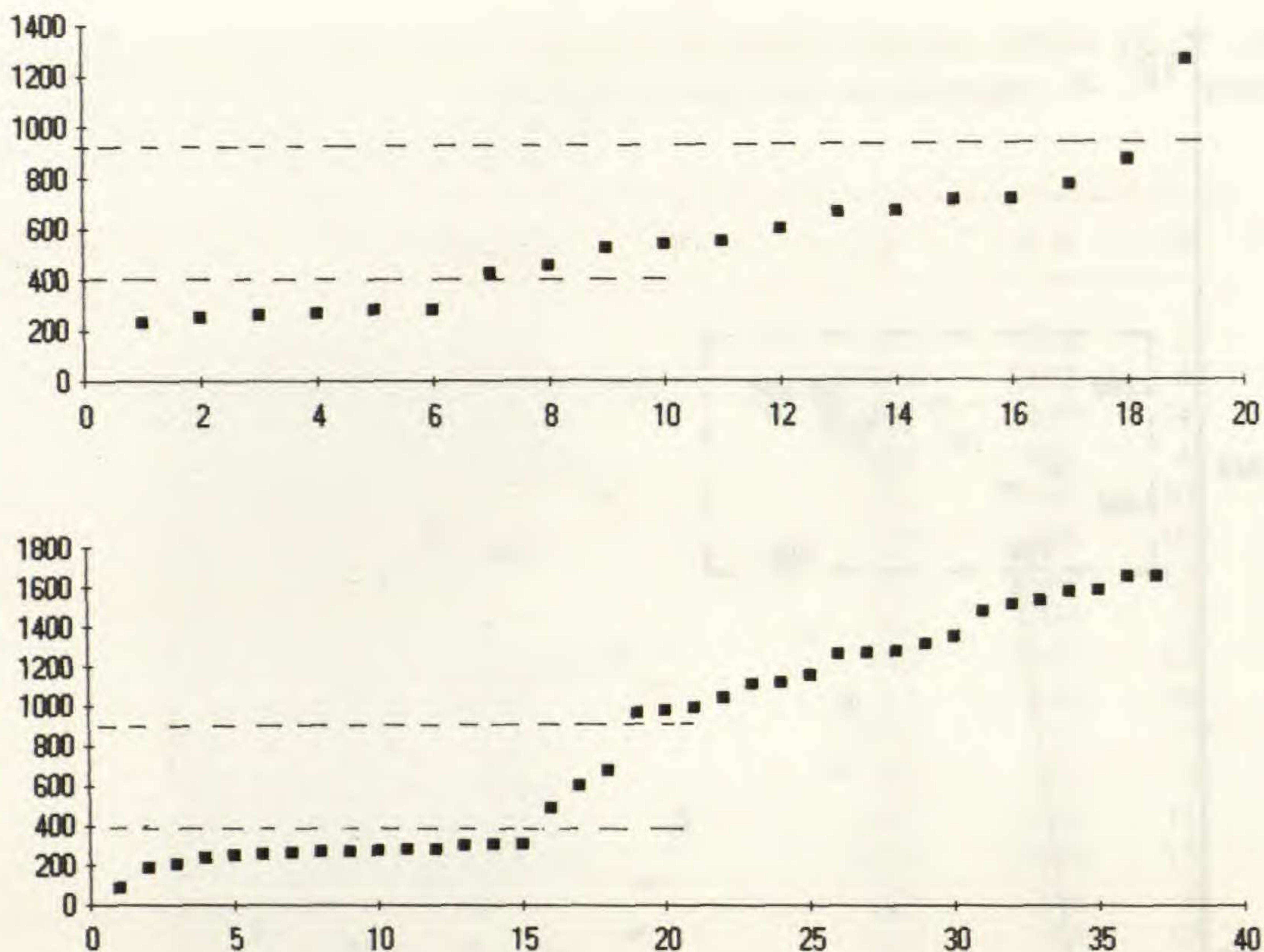


Fig. 5. — *En haut*, espèces à la fois communes et exigeantes ordonnées selon la conductivité moyenne mesurée dans leur voisinage; 63 % d'entre elles sont dans l'intervalle 400-900  $\mu\text{S/cm}$ . — *En bas*, espèces à la fois rares et exigeantes ordonnées selon la conductivité moyenne mesurée dans leur voisinage; 8 % d'entre elles sont dans l'intervalle 400-900  $\mu\text{S/cm}$ .

— AFC sur le tableau des présences (Tableau 4).

Le tableau de contingence croise les espèces (lignes) et les gammes de conductivité (colonnes). L'analyse permet de repérer :

- a) les espèces ayant le même comportement vis-à-vis des colonnes (et réciproquement);
- b) les préférences entre lignes et colonnes.

La projection des individus-lignes et des individus-colonnes dans un plan visualise ces relations (Fig. 6).

L'axe 1 oppose les conductivités faibles (A, B, C), moyennes (D) et fortes (E, F), et les espèces sont réparties en 3 nuages associés à ces 3 possibilités.

Pour chaque espèce, la distance au centre de gravité de l'ensemble mesure l'écart à un état indifférent à la conductivité. C'est donc d'une certaine manière un indice synthétique de la valeur indicatrice. La figure 7 présente un classement ordonné des espèces selon la distance au barycentre. Les espèces que nous retiendrons comme indicatrices devront se situer à droite de cette figure. Il existe un autre indice synthétique utilisé en écologie : l'information mutuelle entre espèces et descripteurs. Nous verrons ci-dessous la raison pour laquelle nous n'avons pas retenu ce paramètre.

TABLEAU 4 : Nombre de milieux dans lesquels chaque taxon dit commun (rencontré dans au moins 8 milieux différents) est présent, par classe de conductivité.

TAXONS	N°	A [0-200[	B [200-260[	C [260-300[	D [300-500[	E [500-2000[	F [2000-10000[
<i>Pistia stratiotes</i>	62	1	3	4	0	0	0
<i>Nitella acuminata</i>	53	0	6	3	1	0	0
<i>Chara zeylanica</i> var. z. fa. b.	15	1	6	4	5	0	0
<i>Thelypteris interrupta</i>	18	1	4	1	2	0	0
<i>Nitella cernua</i>	54	2	2	4	4	0	0
<i>Utricularia gibba</i>	69	3	5	2	4	1	0
<i>Ludwigia leptocarpa</i>	46	1	5	2	2	2	0
<i>Alternanthera sessilis</i>	3	1	3	1	5	3	0
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	38	5	5	4	6	4	0
<i>Eleocharis interstincta</i>	30	4	7	5	5	5	0
<i>Rhynchospora corymbosa</i>	67	1	1	2	1	3	0
<i>Cyperus alopecuroides</i>	19	3	6	3	7	4	1
<i>Lemna</i> 3 sp.	42	2	4	5	5	3	1
<i>Ludwigia octovalvis</i>	47	7	8	5	8	7	1
<i>Commelina diffusa</i>	17	5	5	4	4	6	1
<i>Eclipta prostrata</i>	26	0	4	2	4	4	1
<i>Neptunia plena</i>	52	2	3	1	2	1	1
<i>Fuirena umbellata</i>	34	1	2	1	2	6	0
<i>Nymphaea ampla</i>	57	2	4	3	5	2	2
<i>Eichhornia crassipes</i>	27	3	1	1	5	2	1
<i>Polygonum densiflorum</i>	64	0	3	1	2	2	0
<i>Nymphaea amazonum</i>	56	3	3	7	4	3	2
<i>Pentodon pentandrus</i>	60	1	2	1	0	6	1
<i>Lippia stoechadifolia</i>	61	0	2	1	5	3	2
<i>Najas guadalupensis</i>	50	0	5	2	3	2	2
<i>Ammannia baccifera</i>	4	0	2	0	3	6	2
<i>Bacopa monnieri</i>	7	0	0	1	2	7	2
<i>Acrostichum</i> 2 sp.	1	0	2	1	1	8	3
<i>Eleocharis mutata</i>	32	1	1	0	3	8	2
<i>Chara zeylanica</i> var. d. fa. o.	14	0	1	1	0	5	2

— Profils des fréquences corrigées.

Les fréquences relatives dépendent des effectifs, donc de la rareté de l'espèce. On peut pondérer la fréquence relative par la présence relative de l'espèce (sa rareté) pour pallier à cet inconvénient et rendre les espèces comparables (DAGET & GODRON, 1982).

Notations :

$n_i$  = nombre de milieux de conductivité  $i$  dans lesquels l'espèce est présente

$r_i$  = nombre de milieux de conductivité  $i$

$N$  = nombre de milieux dans lesquels l'espèce est présente

$R$  = nombre de milieux examinés

$\frac{n_i}{r_i}$  = fréquence relative de l'espèce dans la classe  $i$



$\frac{N}{R}$  = présence relative de l'espèce

Fréquence corrigée dans la classe  $i$  :  $f_i^c = \frac{n_i/N}{r_i} = \frac{n_i}{N} \times \frac{R}{r_i}$

La liste des profils des fréquences corrigées est représentée sur la figure 8. Ceci fournit notre premier outil de tri. Par exemple, dans notre domaine géographique (l'archipel des Petites Antilles), il est clair que *Pistia stratiotes* peut être une espèce indicatrice, mais pas *Eleocharis interstincta*.

### — Profils indicateurs.

Soit  $\bar{N}$  le nombre total de milieux d'où l'espèce est absente,  $\bar{n}_i$  étant le nombre d'absences dans la classe  $i$ . Les fréquences corrigées étant  $f_i^c = \frac{n_i}{N} \times \frac{R}{r_i}$ , appelons absences corrigées les quantités  $\bar{f}_i^c = \frac{\bar{n}_i}{\bar{N}} \times \frac{R}{r_i}$ . Dans ces conditions, l'information mutuelle espèce  $\times$  conductivité vaut :

$$I = \sum_{i=1}^p \frac{n_i}{N} \text{Log}_2 (f_i^c) + \sum_{i=1}^p \frac{\bar{n}_i}{\bar{N}} \text{Log}_2 (\bar{f}_i^c), \text{ DAGET \& GODRON (1982).}$$

Cet indice synthétique de la valeur indicatrice est malheureusement très décevant en ce qui concerne nos données comme le montre le graphique de l'information mutuelle en fonction de la distance au barycentre de l'AFC (Fig. 9). En effet, au lieu d'obtenir, comme espéré, une courbe monotone croissante nous avons une fonction polymodale ce qui nous amène à douter de la valeur de l'information mutuelle pour nos données.

En conséquence, nous avons essayé de mettre au point des profils indicateurs permettant de choisir des espèces indicatrices pour chaque classe de valeurs de la conductivité.

a) Pour qu'une espèce soit indicatrice d'une classe il faudrait à la fois qu'elle soit fréquente dans cette classe ( $f_i = \frac{n_i}{r_i}$  élevée) et absente des autres classes (rapport  $\frac{n_i}{N}$  élevé).

Un premier paramètre (Y) est ainsi défini pour chaque espèce et vaut dans la classe  $i$  :

$$y_i = \frac{n_i^2}{r_i \times N} = \frac{n_i}{r_i} \times \frac{n_i}{N}$$

b) Pour qu'une espèce soit indicatrice il faudrait aussi qu'elle ne soit présente que dans une seule classe, donc que le rapport  $\frac{P - P_i}{P - 1}$  soit aussi proche de 1 que possible ( $P$  = nombre de classes de conductivité;  $P_i$  = nombre de classes où l'espèce est présente). Un autre paramètre (V) sera défini par sa valeur dans toute classe  $i$  par :

$$v_i = \frac{P - P_i}{P - 1} \times \frac{n_i}{r_i}$$

Les profils indicateurs de nos espèces, pour les paramètres Y et V, sont donnés dans les tableaux 5 et 6.



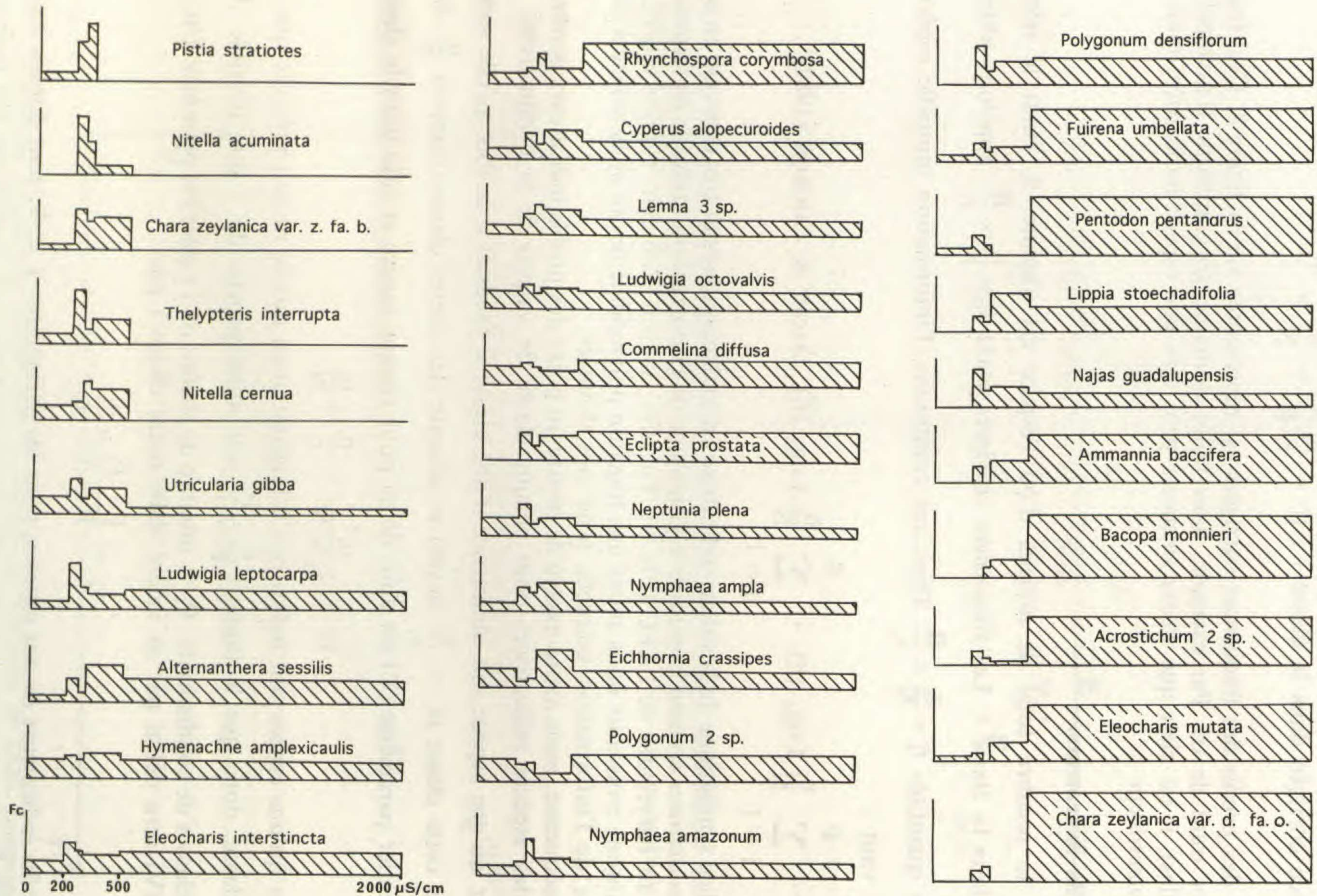


Fig. 8. — Profils des fréquences corrigées ( $F_c = f_i^c$ ) des taxons retenus pour chaque classe de conductivité.

TABLEAU 5 : Calcul, pour chaque taxon retenu, de sa valeur indicatrice dans chaque classe de conductivité ( $y_i$ ) calculée selon la formule  $y_i = (n_i/N) (n_i/r_i)$ . Voir texte p. 321.

TAXONS	N°	A [0-200[	B [200-260[	C [260-300[	D [300-500[	E [500-2000[	F > 2000
<i>Pistia stratiotes</i>	62	0,0096	0,1023	0,2	0	0	0
<i>Nitella acuminata</i>	53	0	0,3273	0,09	0,0083	0	0
<i>Chara zeylanica</i> var. z. fa. b.	15	0,0048	0,2045	0,1	0,1302	0	0
<i>Thelypteris interrupta</i>	18	0,0096	0,1818	0,0125	0,0417	0	0
<i>Nitella cernua</i>	54	0,0256	0,0303	0,1333	0,1111	0	0
<i>Utricularia gibba</i>	69	0,0462	0,1515	0,0267	0,0889	0,0061	0
<i>Ludwigia leptocarpa</i>	46	0,0064	0,1894	0,0333	0,0278	0,0303	0
<i>Alternanthera sessilis</i>	3	0,0059	0,0629	0,0077	0,1603	0,0629	0
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	38	0,0801	0,0947	0,0667	0,125	0,0606	0
<i>Eleocharis interstincta</i>	30	0,0473	0,1713	0,0962	0,0801	0,0874	0
<i>Rhynchospora corymbosa</i>	67	0,0096	0,0114	0,05	0,0104	0,1023	0
<i>Polygonum densiflorum</i>	64	0	0,1023	0,0125	0,0417	0,0455	0
<i>Cyperus alopecuroides</i>	19	0,0288	0,1364	0,0375	0,1701	0,0606	0,0069
<i>Lemna</i> 3 sp.	42	0,0154	0,0727	0,125	0,1042	0,0409	0,0083
<i>Ludwigia octovalvis</i>	47	0,1047	0,1616	0,0694	0,1481	1237	0,0046
<i>Commelina diffusa</i>	17	0,0769	0,0909	0,064	0,0533	0,1309	0,0067
<i>Eclipta prostrata</i>	26	0	0,097	0,0267	0,0889	0,097	0,0111
<i>Neptunia plena</i>	52	0,0308	0,0818	0,01	0,0333	0,0091	0,0167
<i>Fuirena umbellata</i>	34	0,0064	0,0303	0,0083	0,0278	0,2727	0
<i>Nymphaea ampla</i>	57	0,0171	0,0808	0,05	0,1157	0,0202	0,037
<i>Eichhornia crassipes</i>	27	0,0533	0,007	0,0077	0,1603	0,028	0,0128
<i>Polygonum</i> 2 sp.	63	0,0577	0,0303	0,0333	0,0069	0,0682	0,0139
<i>Nymphaea amazonum</i>	56	0,0171	0,0808	0,05	0,1157	0,0202	0,037
<i>Pentodon pentandrus</i>	60	0,007	0,0331	0,0091	0	0,2975	0,0152
<i>Lippia stoechadifolia</i>	61	0	0,028	0,0077	0,1603	0,0629	0,0513
<i>Najas guadalupensis</i>	50	0	0,1623	0,0286	0,0536	0,026	0,0476
<i>Ammannia baccifera</i>	4	0	0,028	0	0,0577	0,2517	0,1
<i>Bacopa monnieri</i>	7	0	0	0,0383	0,0278	0,3712	0,0556
<i>Acrostichum</i> 2 sp.	1	0	0,0242	0,0067	0,0056	0,3879	0,1
<i>Eleocharis mutata</i>	32	0,0051	0,0061	0	0,05	0,3879	0,0444
<i>Chara zeylanica</i> var. d. fa. o.	14	0	0,0101	0,0111	0	0,2525	0,0741

— Liste des espèces indicatrices.

La confrontation des tableaux 5 et 6 (choix d'espèces ayant les valeurs de Y et V les plus élevées dans l'une ou l'autre classe de conductivité), des distances au barycentre de l'AFC (Fig. 7) et des profils des fréquences corrigées (Fig. 8) nous amène à retenir comme indicatrices les 12 espèces les plus à droite de la figure 7, soit :

*Acrostichum danaeifolium* et *A. cernuum* (1); *Ammannia baccifera* (4); *Bacopa monnieri* (7); *Chara zeylanica* var. *diaphana* fa. *oerstediana* (14); *Chara zeylanica* var. *zeylanica* fa. *berteroi* (15); *Thelypteris interrupta* (18); *Eleocharis mutata* (32); *Fuirena umbellata* (34);

TABLEAU 6 : Calcul, pour chaque taxon retenu, de sa valeur indicatrice dans chaque classe de conductivité ( $v_i$ ) calculée selon la formule  $v_i = [(p-p_i)/(p-1)] (n_i/r_i)$ . Voir texte p. 321.

TAXONS	N°	A [0-200[	B [200-260[	C [260-300[	D [300-500[	E [500-2000[	F > 2000
<i>Pistia stratiotes</i>	62	0,046	0,164	0,24	0	0	0
<i>Nitella acuminata</i>	53	0	0,327	0,18	0,05	0	0
<i>Chara zeylanica</i> var. z. fa. b.	15	0,031	0,218	0,16	0,167	0	0
<i>Thelypteris interrupta</i>	18	0,031	0,145	0,04	0,67	0	0
<i>Nitella cernua</i>	54	0,062	0,073	0,16	0,133	0	0
<i>Utricularia gibba</i>	69	0,046	0,091	0,04	0,067	0,018	0
<i>Ludwigia leptocarpa</i>	46	0,015	0,091	0,04	0,033	0,036	0
<i>Alternanthera sessilis</i>	3	0,015	0,055	0,02	0,083	0,055	0
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	38	0,077	0,091	0,08	0,1	0,073	0
<i>Eleocharis interstincta</i>	30	0,062	0,127	0,1	0,083	0,091	0
<i>Rhynchospora corymbosa</i>	67	0,015	0,018	0,04	0,017	0,055	0
<i>Polygonum densiflorum</i>	64	0	0,109	0,04	0,067	0,073	0
<i>Cyperus alopecuroides</i>	19	0	0	0	0	0	0
<i>Lemna</i> 3 sp.	42	0	0	0	0	0	0
<i>Ludwigia octovalvis</i>	47	0	0	0	0	0	0
<i>Commelina diffusa</i>	17	0	0	0	0	0	0
<i>Eclipta prostrata</i>	26	0	0,073	0,04	0,067	0,073	0,033
<i>Neptunia plena</i>	52	0	0	0	0	0	0
<i>Fuirena umbellata</i>	34	0,015	0,036	0,02	0,02	0,033	0,109
<i>Nymphaea ampla</i>	57	0	0	0	0	0	0
<i>Eichhornia crassipes</i>	27	0	0	0	0	0	0
<i>Polygonum</i> 2 sp.	63	0	0	0	0	0	0
<i>Nymphaea amazonum</i>	56	0	0	0	0	0	0
<i>Pentodon pentandrus</i>	60	0,015	0,036	0,02	0	0,109	0,033
<i>Lippia stoechadifolia</i>	61	0	0,036	0,02	0,083	0,055	0,067
<i>Najas guadalupensis</i>	50	0	0,091	0,04	0,05	0,036	0,067
<i>Ammannia baccifera</i>	4	0	0,073	0	0,1	0,218	0,133
<i>Bacopa monnieri</i>	7	0	0	0,04	0,067	0,255	0,133
<i>Acrostichum</i> 2 sp.	1	0	0,036	0,02	0,017	0,145	0,1
<i>Eleocharis mutata</i>	32	0,015	0,018	0	0,05	0,145	0,067
<i>Chara zeylanica</i> var. d. fa. o.	14	0	0,036	0,04	0	0,182	0,133

*Nitella acuminata* (53); *Nitella cernua* (54); *Pentodon pentandrus* (60); *Pistia stratiotes* (62); espèces auxquelles il convient d'ajouter *Ruppia maritima* et *Sesuvium portulacastrum*, indicatrices d'eaux salées.

## 2. ESPÈCES « RARES »

De multiples raisons font qu'une espèce est rare ou peu fréquente dans les relevés réalisés. Par exemple, elle peut être indicatrice (avec une faible amplitude écologique), ou bien adventice, ou bien encore elle peut nécessiter une combinaison d'états rarement rencontrée pour un ensemble de descripteurs.

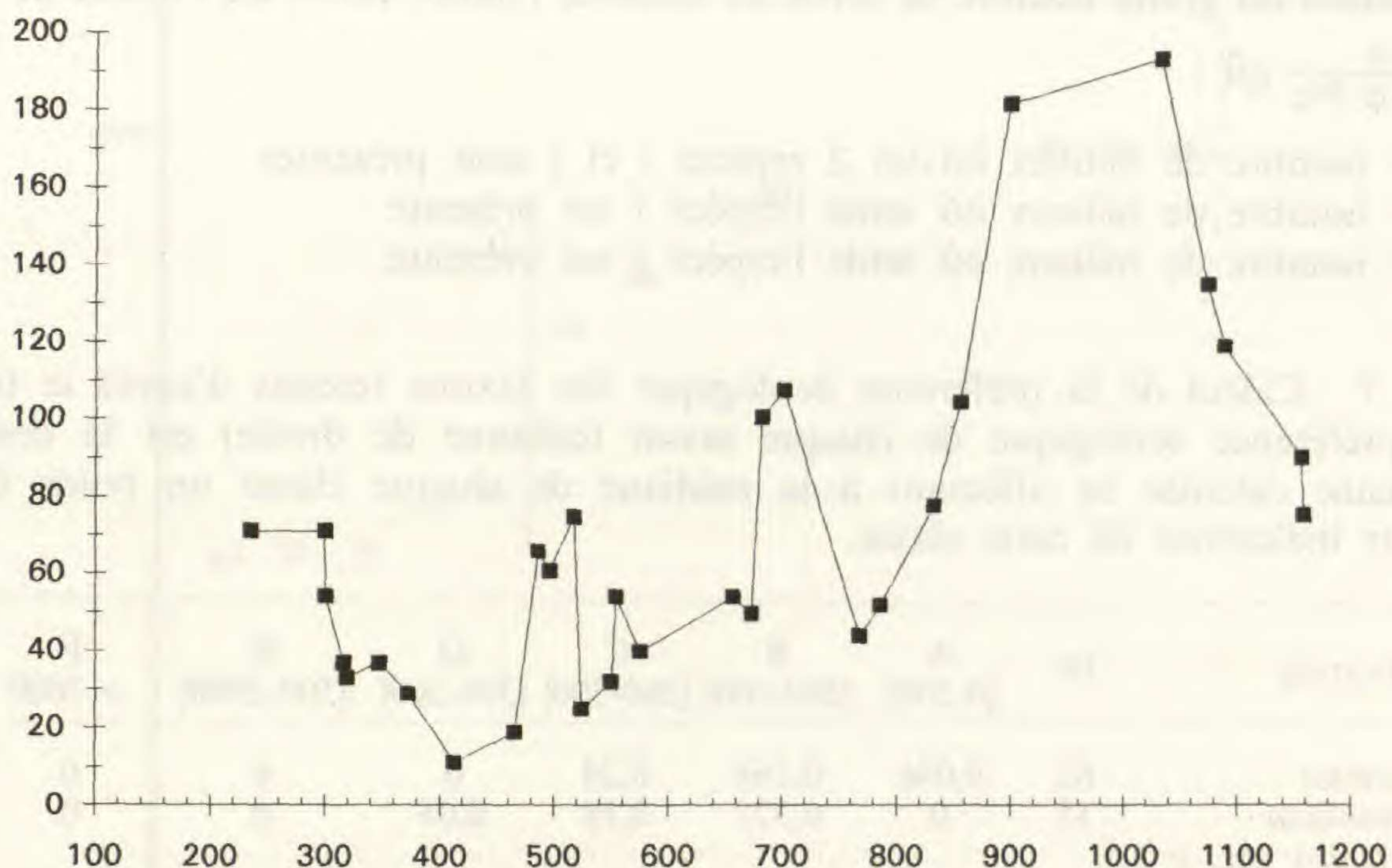


Fig. 9. — Comparaison entre l'information mutuelle (ordonnées,  $\times 1000$ ) et la distance au barycentre de l'AFC (abscisses,  $\times 1000$ ). La courbe n'est pas monotone croissante; ceci montre que les 2 indices n'expriment pas la même qualité.

La rareté même de l'espèce exclut tout traitement quantitatif et seule la connaissance empirique de la flore permet au botaniste de terrain d'effectuer un choix. C'est ainsi que nous retenons comme indicatrices les 4 espèces suivantes :

*Montrichardia arborescens* (49); *Nasturtium officinale* (51); *Nymphaea rudgeana* (58); *Pterocarpus officinalis* (66).

NOTE : Il ne faut pas s'étonner de trouver *Montrichardia arborescens* et *Pterocarpus officinalis* parmi les taxons rares alors qu'ils occupent parfois de grandes étendues en forêts marécageuses; ces milieux quasiment homogènes, à conductivité élevée, ont été l'objet de peu de relevés.

### C. ANALYSE DES ESPÈCES INDICATRICES

Deux méthodes complémentaires vont nous permettre de classer les espèces indicatrices :

- L'ordination selon la préférence écologique (Fig. 10) calculée comme le barycentre de la conductivité pour chaque espèce d'après son profil indicateur (Tableau 7).
- Le calcul des distances sur le tableau de contingence milieux  $\times$  espèces.

En raison du grand nombre de zéros du tableau, l'indice choisi est l'indice de Jaccard :

$$s_{ij} = \frac{a}{a + b + c} \text{ où :}$$

a = nombre de milieux où les 2 espèces i et j sont présentes

b = nombre de milieux où seule l'espèce i est présente

c = nombre de milieux où seule l'espèce j est présente.

TABLEAU 7 : Calcul de la préférence écologique des taxons retenus d'après le tableau 6. La préférence écologique de chaque taxon (colonne de droite) est la conductivité moyenne calculée en affectant à la médiane de chaque classe un poids égal à la valeur indicatrice de cette classe.

TAXONS	N°	A [0-200[	B [200-260[	C [260-300[	D [300-500[	E [500-2000[	F > 2000	préférence (pe)
<i>Pistia stratiotes</i>	62	0,046	0,164	0,24	0	0	0	243
<i>Nitella acuminata</i>	53	0	0,327	0,18	0,05	0	0	250
<i>Chara zeylanica</i> var. z. fa. b.	15	0,031	0,218	0,16	0,167	0	0	280
<i>Thelypteris interrupta</i>	18	0,031	0,145	0,04	0,67	0	0	251
<i>Nitella cernua</i>	54	0,062	0,073	0,16	0,133	0	0	285
<i>Fuirena umbellata</i>	34	0,015	0,036	0,02	0,02	0,033	0,109	387
<i>Pentodon pentandrus</i>	60	0,015	0,036	0,02	0	0,109	0,033	418
<i>Ammannia baccifera</i>	4	0	0,073	0	0,1	0,218	0,133	465
<i>Bacopa monnieri</i>	7	0	0	0,04	0,067	0,255	0,133	497
<i>Acrostichum 2 sp.</i>	1	0	0,036	0,02	0,017	0,145	0,1	480
<i>Eleocharis mutata</i>	32	0,015	0,018	0	0,05	0,145	0,067	467
<i>Chara zeylanica</i> var. d. fa. o.	14	0	0,036	0,04	0	0,182	0,133	486
<i>Ipomoea setifera</i>	40	0	0	0	0	0,273	0	500
<i>Montrichardia arborescens</i>	49	0	0	0	0	0,364	0	500
<i>Nasturtium officinale</i>	51	0	0	0	0	0,218	0,133	538
<i>Nymphaea rudgeana</i>	58	0	0	0	0	0,273	0	500
<i>Pterocarpus officinalis</i>	66	0	0	0	0	0,218	0,133	538

Le tableau des distances construit selon l'indice de Jaccard conduit au tracé d'un dendrogramme (Fig. 11) calculé avec le critère des moyennes pondérées.

Nous sommes ainsi conduits à définir 3 sous-groupes :

**1. Espèces indicatrices d'une conductivité moyenne inférieure à 500 µS/cm :** *Pistia stratiotes* (62), *Thelypteris interrupta* (18), *Nitella acuminata* (53), *Chara zeylanica* var. *zeylanica* fa. *berteroi* (15) et *Nitella cernua* (54).

**2. Espèces indicatrices d'une conductivité moyenne comprise entre 500 et 2000 µS/cm ;** sous-groupe subdivisé en 3 classes :

— *Fuirena umbellata* (34) et *Pentodon pentandrus* (60) préférant les valeurs proches de 500 µS/cm ;

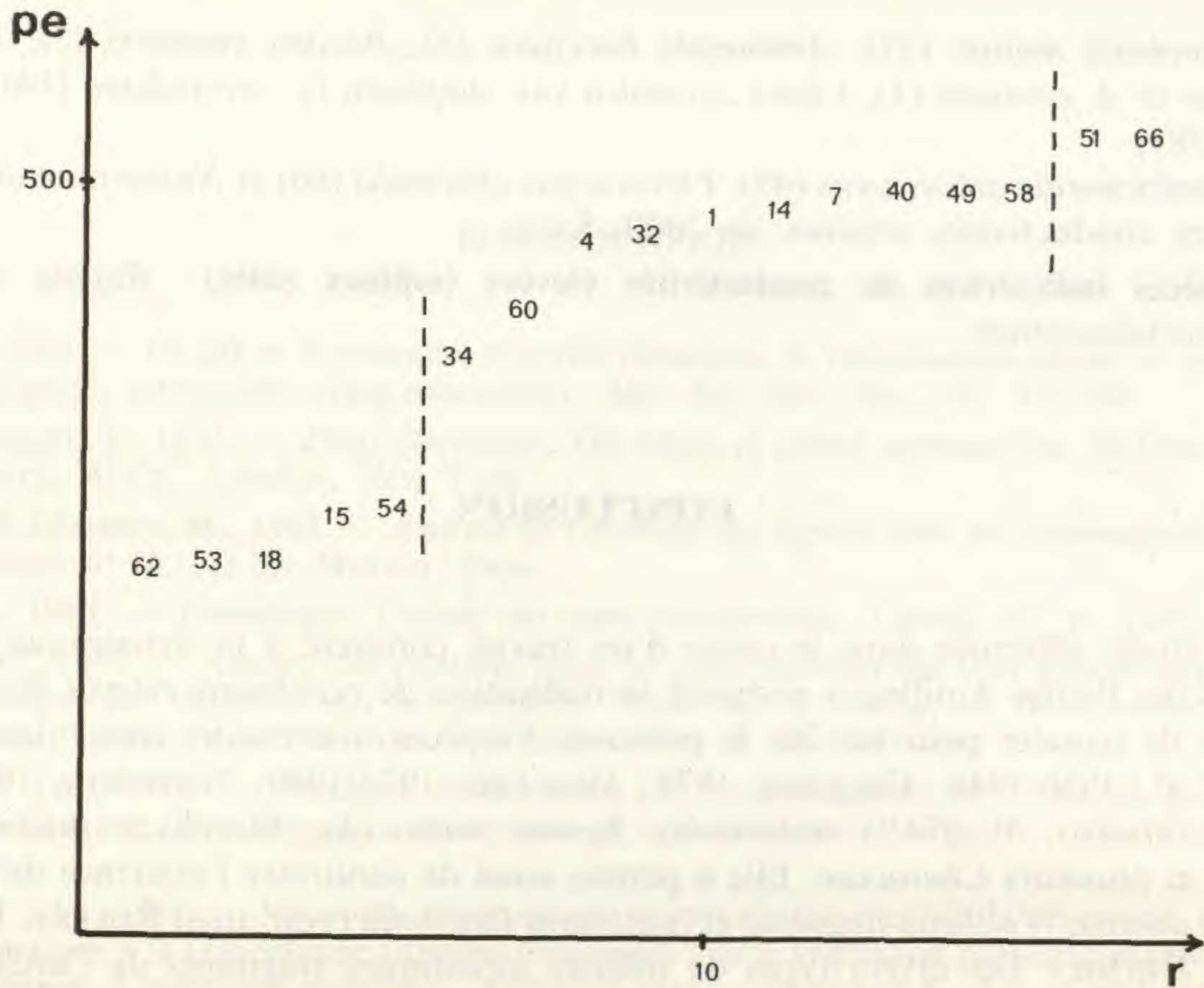


Fig. 10. — Classement ordonné ( $r = \text{rang}$ ) des taxons selon leur préférence écologique ( $pe$ ) calculée d'après le tableau 7. Les espèces se distribuent en 3 groupes.

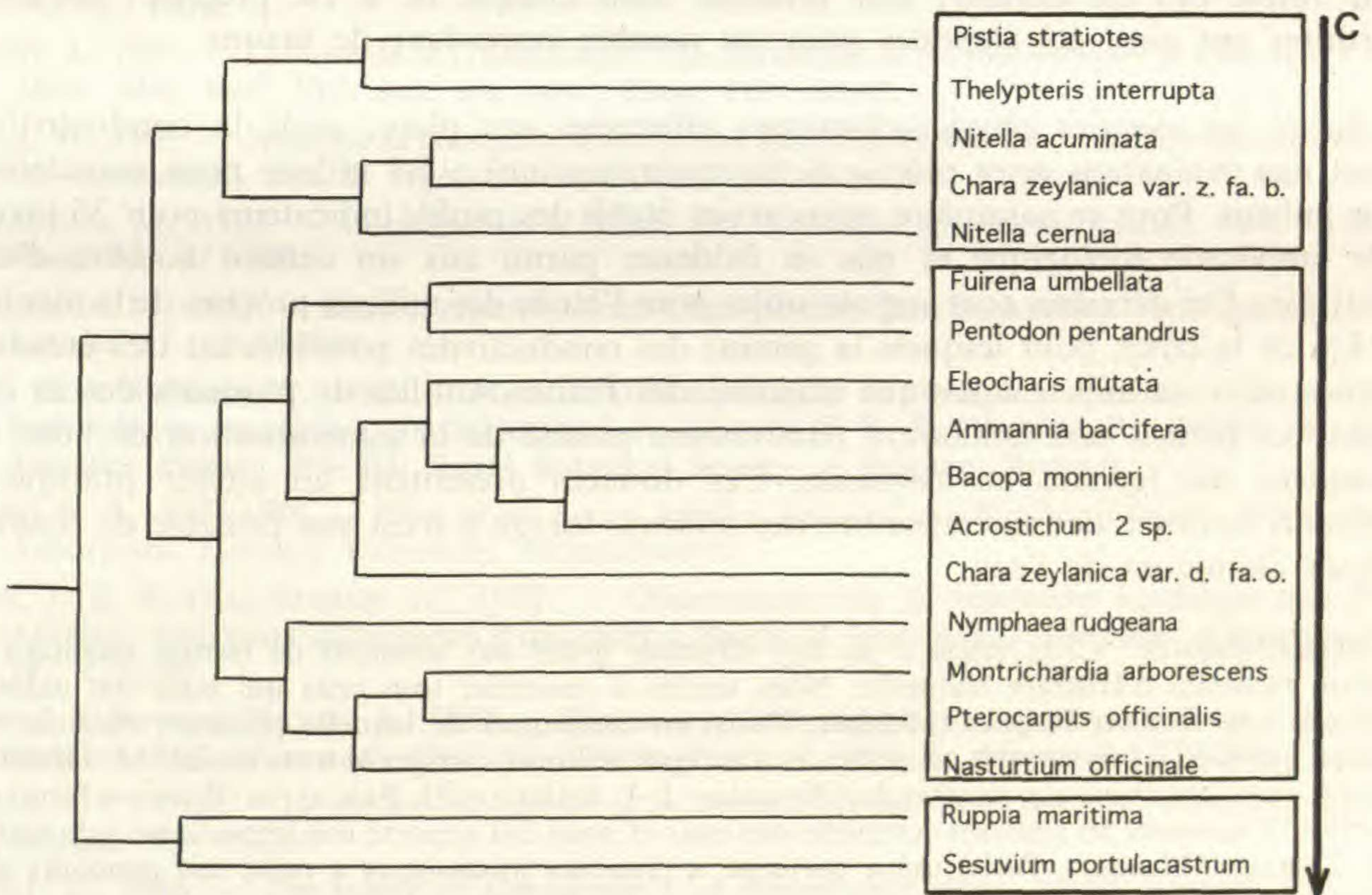


Fig. 11. — Dendrogramme des espèces indicatrices de la conductivité (C) des milieux, réunies en 3 sous-groupes (voir texte); le sens de la flèche est celui des conductivités croissantes.

— *Eleocharis mutata* (32), *Ammannia baccifera* (4), *Bacopa monnieri* (7), *Acrostichum danaeifolium* et *A. cernuum* (1), *Chara zeylanica* var. *diaphana* fa. *oerstediana* (14), *Nymphaea rudgeana* (58);

— *Montrichardia arborescens* (49), *Pterocarpus officinalis* (66) et *Nasturtium officinale* (51) préférant les conductivités voisines de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**3. Espèces indicatrices de conductivités élevées (milieux salés) :** *Ruppia maritima* et *Sesuvium portulacastrum*.

## CONCLUSION

Cette étude, effectuée dans le cadre d'un travail consacré à la dynamique des milieux aquatiques des Petites Antilles, a nécessité la réalisation de nombreux relevés floristiques qui ont permis de signaler pour ces îles la présence d'espèces non encore citées dans les Flores (STEHLÉ et al., 1936-1949; FOURNET, 1978; HOWARD, 1974-1989; NICOLSON, 1991), comme *Wolffia brasiliensis*, *Wolffiella welwitschii*, *Lemna minuscula*, *Eleocharis minima*, *Hydrilla verticillata* et plusieurs *Characeae*. Elle a permis aussi de confirmer l'existence de taxons cités avec doute comme *Wolffiella lingulata* et *Sagittaria lancifolia* (voir aussi ROLLET, 1993, avec la coll. de J. JÉRÉMIE). Les divers types de milieux aquatiques stagnants de l'archipel ont été décrits. Les espèces végétales macrophytiques liées aux zones humides stagnantes ont été énumérées; leur forme biologique, les types de milieux où ils vivent et leur degré d'abondance ou de rareté ont été donnés; leur présence dans chaque île a été précisée; les aires de répartition ont ainsi été étendues pour un nombre important de taxons.

Parmi les mesures physico-chimiques effectuées sur place, seule la conductivité (qui permet une évaluation assez précise de la minéralisation) a été utilisée pour caractériser les divers milieux. Pour ce paramètre, nous avons établi des profils indicateurs pour 35 taxons de faible amplitude écologique et mis en évidence parmi eux un certain nombre d'espèces indicatrices. Ces dernières sont surtout utiles pour l'étude des milieux proches de la mer (moins de 2 km de la côte), pour lesquels la gamme des conductivités possibles est très étendue. La présence dans un milieu aquatique stagnant des Petites Antilles de plusieurs de ces espèces indicatrices permet une estimation relativement précise de la minéralisation de l'eau et par conséquent des terrains environnants. Ces données présentent un intérêt pratique pour déterminer le degré de minéralisation des milieux, lorsqu'il n'est pas possible de réaliser des analyses chimiques de l'eau.

**REMERCIEMENTS :** Cette étude a pu être effectuée grâce aux missions de terrain financées par le Muséum National d'Histoire Naturelle. Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidés, et en particulier : A. RAYNAL-ROQUES (Muséum, Paris) en compagnie de laquelle plusieurs missions ont été réalisées, qui nous a très souvent conseillés, et a accepté de lire et corriger le texte initial; M. GUERLESQUIN (Angers) qui a déterminé nos récoltes de *Characeae*; J.-J. JÉRÉMIE et H. PASCALINE (Pointe-à-Pitre) qui ont effectué à l'Université les analyses complètes des eaux et nous ont apporté une importante aide matérielle; J.-M. THIBAUD (Muséum, Paris) qui a participé à plusieurs missions et a prêté son concours dans de nombreuses circonstances.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBIER, J., 1969. — Le pH et le potentiel d'oxydo-réduction, la reproduction sexuée et asexuée d'une Saprologée, interaction organisme-milieu. *Ann. Sci. Nat., Bot.*, 10 : 473-564.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1932. — *Plant Sociology. The study of plants communities*. McGraw Hill Book Company, 439 p., London, New York.
- DAGET, Ph. & GODRON, M., 1982. — *Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés*. Collection d'Ecologie n° 18 : 23-53, Masson, Paris.
- DUSSART, B., 1966. — *Limnologie. L'étude des eaux continentales*. Dunod, 677 p., Paris.
- FELZINES, J.-C., 1977. — Analyse des relations entre la minéralisation des eaux douces stagnantes et la distribution des végétaux qui les peuplent. Etude sur les étangs en Bourbonnais, Nivernais, Morvan, Puisaye. *Ann. Sci. Nat., Bot.*, Paris, sér. 12, 18 : 221-250.
- FOUCAULT, B. (de), 1978. — Premières observations phytosociologiques sur le marais de Saint-Louis (Marie-Galante, Guadeloupe). *Documents phytosociologiques*, N.S., II : 181-189, J. Cramer, Vaduz.
- FOUCAULT, B. (de), 1983. — Nouvelles observations phytosociologiques sur la végétation aquatique et subaquatique à la Guadeloupe (Antilles françaises) : de la végétation phanérogamique marine aux bombements à sphaignes culminaux. *Colloques phytosociologiques X : Les végétations aquatiques et amphibies*, Lille, 1981 : 255-277, J. Cramer, Vaduz.
- FOURNET, J., 1978. — *Flore illustrée des Phanérogames de Guadeloupe et de Martinique*. INRA, 1654 p., 745 fig., Paris.
- FOURNET, J., 1981. — La flore de la Guadeloupe et en particulier la flore aquatique. In GOLVAN, J. et al., *Mém. Mus. natl. Hist. nat.*, ser. nov., Zool., 119 : 38-49.
- GEHU, J. M., 1963. — Note sur la conductivité électrique des eaux du sud-est du département du Nord et ses corrélations avec la végétation aquatique. *Bull. Soc. Bot. N. France* 16 : 77-89.
- GUERLESQUIN, M., 1983. — Contribution à l'étude des Characées des Petites Antilles. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 16 : 213-233.
- GUERLESQUIN, M., 1985. — Bilan et répartition des Charophycées dans les Antilles. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22 : 2879-2884.
- HAMEL, C. & BHÉREUR, P., 1982. — Méthode d'interprétation de l'évolution spatiale et temporelle des hydrophytes vasculaires. In SYMOENS, J. J., HOOPER, S. S. & COMPÈRE, P., *Studies on Aquatic Vascular Plants* : 294-303. Royal Botanical Society of Belgium, Brussels.
- HOWARD, R. A., 1974-1989. — *Flora of the Lesser Antilles. Leeward and Windward Islands*. 6 vol., Arnold Arboretum, Harvard University, Massachusetts.
- JÉRÉMIE, J. & RAYNAL-ROQUES, A., 1978. — Observations sur la végétation aquatique aux Petites Antilles : variations saisonnières d'une mare à *Ruppia* et *Najas* à la Guadeloupe. *Adansonia*, ser. 2, 18 : 279-290.
- JÉRÉMIE, J. & RAYNAL-ROQUES, A., 1982. — Dynamique de la végétation des mares de dolines aux Petites Antilles. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.*, Paris, 4° sér., 3, sect. B, *Adansonia* : 259-280.
- LABRIQUE, J.-P., 1960. — La mesure écologique de la conductivité électrique des eaux. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 92 : 97-101.
- LANDOLT, E., 1986. — *The family of Lemnaceae — a monographic study*. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, 71. Heft, 566 p., Zürich.



- LOHAMMAR, G., 1938. — Wasserchemie und höhere Vegetation schwedischer Seen. *Symb. Bot. Upsal.* 3 : 1-253.
- LASSERRE, G., 1961. — *La Guadeloupe, la nature et les hommes*. Thèse doct. Etat, 1135 p., 86 pl., Bordeaux.
- MARTIN-KAYE, 1969. — A summary of the Geology of the Lesser Antilles. *Overseas Geol. Miner. Resources* 10 : 172-206.
- NICOLSON, D. H., 1991. — Flora of Dominica, Part 2 : Dicotyledoneae. *Smithsonian Contribution to Botany* 77, 274 p.
- PINCHON, Père R., 1971. — *D'autres aspects de la nature aux Antilles*, 221 p., 68 pl., Fort-de-France.
- POINTIER, J.-P., SALVAT, B., DELPLANQUE, A. & GOLVAN, Y., 1977. — Principaux facteurs régissant la densité des populations de *Biomphalaria glabrata* (Say 1818), Mollusque vecteur de la Schistosomose en Guadeloupe (Antilles françaises). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 52 : 277-323.
- POINTIER, J.-P., THÉRON, A., COMBES, C., SALVAT, B., GOLVAN, Y. J. & DELPLANQUE, A., 1981. — Etude des principaux facteurs écologiques qui régissent la vie du Mollusque vecteur de la schistosomose en Guadeloupe, *B. glabrata*. In GOLVAN, J. et al., *Mém. Mus. natl. Hist. nat., ser. nov., Zool.*, 119 : 88-140.
- ROLLET, B., 1993 (with the coll. of J. JÉRÉMIE). — Comments on and additions to the "Flora of the Lesser Antilles" by R. A. Howard and the "Flora of Dominica" by D. H. Nicolson. *Bull. Mus. natl. Hist. nat.*, Paris, 4<sup>e</sup> sér., 14, section B, *Adansonia* : 279-296.
- STEHLÉ, H. et al., 1936-1949. — *Flore de la Guadeloupe et dépendances*; fasc. 1 (1936); 2 (1948); 3 (1949). *Flore descriptive des Antilles françaises*, tome I (1939) et II (1940). Montpellier, Basse-Terre et Fort-de-France.
- SYMOENS, J. J., 1957. — Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines, les milieux, leur végétation algale. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 89 : 111-314.

*Achevé d'imprimer le 26 février 1993.*

*Le Bulletin du 1<sup>er</sup> trimestre de l'année 1992 a été diffusé le 24 juillet 1992.*